
SUB
NIEDERSÄCHSISCHE STAATS- UND
UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK GÖTTINGEN

OSTWALD'S KLASSIKER
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 63.

ZUR ENTDECKUNG DES ELEKTROMAGNETISMUS.

ABHANDLUNGEN

VON

HANS CHRISTIAN OERSTED

UND

THOMAS JOHANN SEEBECK.

(1820—1821.)

ENGELMANN IN LEIPZIG.

OSTWALD'S KLASSIKER

DER

EXAKTEN WISSENSCHAFTEN

z. Z. herausgegeben von

Prof. Dr. Arthur von Oettingen

in Leipzig.

8. In Leinen gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der

Physik und Astronomie:

Nr. 1. **H. Helmholtz,** Über d. Erhaltung der Kraft. (1847.) (60 S.) ℳ —.80.

» 2. **C. F. Gauss,** Allg. Lehrsätze in Beziehung auf d. im verkehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung wirkenden Anziehungs- und Abstossungskräfte. (1840.) Herausg. v. A. Wangerin. (60 S.) ℳ —.80.

» 7. **F. W. Bessel,** Länge d. einfachen Secundenpendels. (1826.) Herausg. von H. Bruns. Mit 2 Taf. (171 S.) ℳ 3.—.

» 10. **F. Neumann,** D. mathem. Gesetze d. inducirten elektrischen Ströme. (1845.) Herausg. v. C. Neumann. (96 S.) ℳ 1.50.

» 11. **Galileo Galilei,** Unterredungen u. mathem. Demonstrationen üb. zwei neue Wissenszweige etc. (1638.) 1. Tag m. 13 u. 2. Tag m. 26 Fig. im Text. Aus d. Italien. übers. u. herausg. v. A. v. Oettingen. (142 S.) ℳ 3.—.

» 12. **I. Kant,** Theorie d. Himmels. (1755.) Herausg. v. H. Ebert. (101 S.) ℳ 1.50.

» 13. **Coulomb,** 4 Abhandlungen über d. Elektricität u. d. Magnetismus. (1785-1786.) Übers. u. herausg. v. W. König. Mit 14 Textfig. (88 S.) ℳ 1.80.

» 20. **Chr. Huyghens,** Abhandlung üb. d. Licht. (1678.) Herausg. von E. Lommel. Mit 57 Textfig. (115 S.) ℳ 2.40.

» 21. **W. Hittorf,** Über d. Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse. (1853—1859.) I. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (87 S.) ℳ 1.60.

» 23. —— —— II. Hälfte. Mit 1 Taf. Herausg. v. W. Ostwald. (142 S.) ℳ 1.50.

» 24. **Galileo Galilei,** Unterredungen u. mathem. Demonstrationen über 2 neue Wissenszweige etc. (1638.) 3. u. 4. Tag mit 90 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (141 S.) ℳ 2.—.

» 25. —— —— (1638.) Anhang zum 3. u. 4. Tag, 5. u. 6. Tag, mit 23 Fig. im Text. Aus dem Italien. u. Latein. übers. u. herausg. von A. von Oettingen. (66 S.) ℳ 1.20.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlages.

Zur Entdeckung
des
ELEKTROMAGNETISMUS.

Abhandlungen

von

Hans Christian Oersted und Thomas Johann Seebeck.

(1820—1821.)



Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen.

Mit 30 Textfiguren.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1895.

[295]

Versuche über die Wirkung des elektrischen Conflicts auf die Magnetnadel.

Von

H. Chr. Oersted,

Prof. d. Phys. zu Kopenhagen*).

Die ersten Versuche über den Gegenstand, den ich aufzuklären unternehme, sind in den Vorlesungen angestellt worden, welche ich in dem verflossenen Winter über Elektricität, Galvanismus und Magnetismus gehalten habe. Aus diesen Versuchen schien zu erhellen, dass die Magnetnadel sich mittelst des galvanischen Apparats aus ihrer Lage bringen lasse, und zwar bei geschlossenem galvanischem Kreise, und nicht bei offenem, wie vor mehreren Jahren einige berühmte Physiker umsonst es versucht haben. Da aber diese Versuche mit einem wenig kräftigen Apparate angestellt waren, und daher die erhaltenen Erscheinungen nicht auszureichen schienen für die Wichtigkeit der Sache, so nahm ich meinen Freund, den Justizrath *Esmarch*, zu Hülfe, um mit ihm die Versuche mittelst eines grossen, von uns gemeinschaftlich eingerichteten galvanischen Apparates zu wiederholen und [296] zu vermehren. Auch der Regierungs-Präsident *Wleugel* war bei unsern Versuchen gegenwärtig als Theilnehmer und Zeuge. Ueberdem waren Zeugen derselben der als vortrefflicher Physiker längst

---

*) Eine fast wörtliche Uebersetzung des einzeln gedruckten, lateinischen, den 21. Juli 1820 geschriebenen Viertel-Bogens der von Hrn. Prof. *Oersted* mehreren zugeschickt worden ist. Die umklammerten Zahlen, und die Auszeichnung einzelner Worte im Druck zur leichtern Uebersicht der Versuche, in diesem und dem folgenden Aufsatz, rühren von mir her. *Gilbert.*

bekannte Oberhofmarschall *Hauch*, der Professor der Naturgeschichte *Reinhard*, der Professor der Medicin *Jacobson*, ein vorzüglicher Experimentator und Kenner der Chemie, und der Dr. philos. *Zeise*. Auch habe ich öfters allein experimentirt, immer aber wenn ich dabei neue Erscheinungen fand, sie in Gegenwart dieser versammelten Gelehrten wiederholt.

In der Erzählung von unsern Versuchen übergehe ich alle, welche zwar zu der Erfindung geführt haben, nachdem die Sache aber einmal gefunden ist, nichts zur Erläuterung derselben beitragen, und schränke mich auf diejenigen ein, aus welchen die Natur des Gegenstandes deutlich hervorgeht.

Der galvanische Apparat, dessen wir uns bedient haben, besteht aus 20 rechteckigen kupfernen Zellen, die jede 12 Zoll lang, 12 Zoll hoch und $2\frac{1}{2}$ Zoll breit, und jede mit zwei Kupferstreifen versehen ist, welche so geneigt sind, dass sie den Kupferstab tragen können, der die in der Flüssigkeit der benachbarten Zelle schwebende Zinkplatte hält. Das Wasser, womit die Zellen angefüllt wurden, war mit $1/60$ seines Gewichts Schwefelsäure und mit eben so viel Salpetersäure versetzt, und der in jeder Zelle eingetauchte Theil der Zinkplatte war ein Quadrat von 10 Zoll Seite. Doch können auch kleinere Apparate gebraucht werden, wenn sie nur einen Draht zum Glühen zu bringen vermögen.

Man denke sich die beiden entgegengesetzten Enden des galvanischen Apparates durch einen Metall-[297]Draht verbunden. Diesen werde ich der Kürze halber stets den verbindenden Leiter oder den verbindenden Draht nennen; die Wirkung aber, welche in diesem verbindenden Leiter und um denselben her vor sich geht, mit dem Namen elektrischer Conflict bezeichnen.[1])

(1) Man bringe ein gradeliniges Stück dieses verbindenden Drahtes in horizontaler Lage über eine gewöhnliche, frei sich bewegende Magnetnadel so, dass er ihr parallel sei; und zu dem Ende kann man den Draht ohne Schaden nach Belieben biegen. Ist alles so eingerichtet, so wird die Magnetnadel in Bewegung kommen, und zwar so, dass sie unter dem vom negativen Ende des galvanischen Apparates herkommenden Theile des verbindenden Drahtes nach Westen zu weicht. Ist die Entfernung des Drahtes von der Magnetnadel nicht mehr als $5/4$ Zoll, so beträgt diese Abweichung ungefähr 45°. Bei grösserer Entfernung nehmen die Abweichungs-Winkel ab, wie die Entfernungen zunehmen. Uebrigens ist die Ab-

weichung verschieden, nach Verschiedenheit der Stärke des Apparates.

Der verbindende Draht kann nach Osten oder nach Westen bewegt werden, wenn er nur immer der Nadel parallel bleibt, ohne dass dieses einen andern Einfluss auf den Erfolg hat, als dass die Abweichung kleiner wird. Es lässt sich folglich diese Wirkung keineswegs einer Anziehung zuschreiben; denn derselbe [298] Pol der Magnetnadel, der sich nach dem verbindenden Draht zu dreht, wenn er östlich von der Nadel ist, dreht sich von demselben abwärts, wenn er sich westlich von derselben befindet, welches nicht möglich wäre, wenn diese Abweichungen auf Anziehungen und Abstossungen beruheten.[2])

(2) Der verbindende Leiter kann aus mehreren vereinigten Drähten oder Metallstreifen bestehen. Die Natur des Metalls verändert den Erfolg nicht, es sei denn vielleicht in Hinsicht der Grösse. Wir haben Drähte aus Platin, Gold, Silber, Messing und Eisen, ferner Zinn- und Blei-Streifen und Quecksilber mit gleichem Erfolg gebraucht. Wird der Leiter durch Wasser unterbrochen, so bleibt nicht alle Wirkung aus, es sei denn die Wasserstrecke sei mehrere Zoll lang.

(3) Der verbindende Draht wirkt auf die Magnetnadel durch Glas, durch Metalle, durch Holz, durch Wasser, durch Harz, durch töpferne Gefässe und durch Steine hindurch; denn als wir zwischen beide eine Glastafel, oder eine Metallplatte, oder ein Brett gebracht hatten, blieb der Erfolg nicht aus, ja selbst alle drei vereinigt schienen die Wirkung kaum zu schwächen. Eben so wenig ein Elektrophor, eine Porphyrplatte und ein irdenes Gefäss, selbst nicht wenn es voll Wasser war. Unsere Versuche haben auch gezeigt, dass die erwähnten Wirkungen nicht verändert werden, wenn man eine Magnetnadel nimmt, die sich in einer messingenen voll Wasser gegossenen Büchse eingeschlossen [299] befindet. Dass der Wirkungen Durchgang durch alle diese Materien, bei Elektricität und Magnetismus bisher noch nie ist beobachtet worden, brauche ich kaum zu bemerken. Die Wirkungen, welche in dem elektrischen Conflicte stattfinden, sind also von den Wirkungen der einen oder der andern elektrischen Kraft gänzlich verschieden.

(4) Wenn sich der verbindende Draht in einer horizontalen Ebene *unter* der Magnetnadel befindet, so gehen alle angegebenen Wirkungen nach *entgegengesetzter* Richtung vor, als wenn er in einer über derselben befindlichen horizontalen Ebene ist, sonst aber auf ganz gleiche Weise. Der

Pol der Magnetnadel, unter welchem sich derjenige Theil des verbindenden Drahtes befindet, in welchen die Elektricität des negativen Endes des galvanischen Apparates zunächst hinein tritt, weicht jetzt nach Osten ab.

Damit man dieses leichter im Gedächtnisse behalte, bediene man sich folgender Formel: Der Pol, über welchem die negative Elektricität eintritt, wird nach Westen, der Pol, unter welchem sie eintritt, nach Osten zu gedreht.[3])

(5) Dreht man den verbindenden Draht in der horizontalen Ebene, so dass er allmählich immer grössere Winkel mit dem magnetischen Meridiane macht, so wird die Abweichung der Magnetnadel vermehrt, wenn das Drehen des Drahtes nach dem Orte der gestörten Magnetnadel zuwärts geschieht; sie nimmt dagegen ab, wenn das Drehen von diesem Orte zurück geschieht.[4])

(6) Ein verbindender Draht, der sich in der horizontalen Ebene befindet, in welcher [300] sich eine durch ein Gegengewicht äquilibrirte Magnetnadel bewegt, und der Nadel parallel ist, bringt sie weder nach Osten noch nach Westen hin zum Weichen, sondern macht sie blos in der Ebene der Inclination schwanken, so dass der Pol, nahe bei welchem in dem Drahte die negative elektrische Kraft herkömmt, herunter gedrückt wird, wenn der Draht sich an der westlichen, dagegen herauf gedrehet wird, wenn er sich an der östlichen Seite derselben befindet.[5])

(7) Wird der verbindende Draht senkrecht auf die Ebene des magnetischen Meridians über oder unter der Nadel gestellt, so bleibt diese in Ruhe, ausgenommen wenn der Draht dem Pole ziemlich nahe ist. Dann aber wird der Pol gehoben, wenn der Eintritt von der westlichen Seite des Drahtes her geschieht, und herunter gedrückt, wenn er von der östlichen Seite her vor sich geht.[6])

(8) Wird der verbindende Draht lothrecht nahe [301] bei einem Pole der Magnetnadel, ihm gegenüber gestellt, und das obere Ende des Drahtes erhält die Elektricität von dem negativen Ende des galvanischen Apparates, so bewegt sich dieser Pol nach Osten; befindet sich dagegen der Draht nahe bei einem Punkte in der Nadel, der zwischen dem Pole und dem Mittelpunkte der Nadel liegt, so wird sie nach Westen getrieben. Erhält das obere Ende des Drahtes die Elektricität von dem positiven Ende, so gehen die entgegengesetzten Erscheinungen vor.[7])

(9) Biegt man den verbindenden Draht so, dass er an beiden Theilen der Biegung parallel wird, oder zwei parallele Schenkel bildet, so werden von ihm die magnetischen Pole nach Verschiedenheit der Umstände angezogen oder abgestossen. Man stelle den Draht einem der beiden Pole der Nadel gegenüber, so dass die Ebene der parallelen Schenkel auf dem magnetischen Meridiane senkrecht sei, und verbinde [302] den östlichen Schenkel mit dem negativen, den westlichen mit dem positiven Ende des galvanischen Apparates; in dieser Lage wird der nächste Pol zurückgestossen entweder nach Osten, oder nach Westen, wie die Lage der Ebene der Schenkel es mit sich bringt. Ist der östliche Schenkel mit dem positiven, der westliche mit dem negativen Ende verbunden, so wird der nächste Pol angezogen. Wird die Ebene der Schenkel senkrecht bei einer Stelle zwischen dem Pol und dem Mittelpunkt der Nadel gebracht, so erfolgen dieselben Wirkungen nur umgekehrt.

(10) Eine Nadel aus Messing, welche nach Art der Magnetnadeln aufgehängt ist, kommt nicht in Bewegung durch die Wirkung des verbindenden Drahtes. Auch eine Nadel aus Glas oder aus Gummi-Lack bleibt bei ähnlichen Versuchen mit ihr in Ruhe.

Aus allem diesem lassen sich einige Momente zur Erklärung dieser Erscheinungen ableiten. Der elektrische Conflict vermag nur auf die magnetischen Theile der Materie zu wirken. Alle nicht magnetischen Körper scheinen für den elektrischen Conflict durchgängig zu sein, die magnetischen Körper dagegen, oder vielmehr ihre magnetischen Theilchen, dem Hindurchgehen dieses Conflictes zu widerstehen, und daher kommt es, dass sie durch den Stoss der kämpfenden [303] Kräfte in Bewegung gesetzt werden können.

Dass der elektrische Conflict nicht in dem leitenden Drahte eingeschlossen, sondern, wie gesagt, zugleich in dem umgebenden Raume ziemlich weithin verbreitet ist, ergiebt sich aus den angeführten Beobachtungen hinlänglich.

Es lässt sich auch aus dem, was beobachtet worden, schliessen, dass dieser Conflict in Kreisen fortgehe; denn es scheint ohne diese Annahme nicht zu begreifen zu sein, wie derselbe Theil des verbindenden Drahtes, der unter einem Pole der Magnetnadel gestellt, diese nach Osten treibt, sie nach Westen bewegen sollte, wenn er sich über diesem Pole befindet; eine Kreisbewegung geht aber in den beiden entgegen-

gesetzten Enden eines Durchmessers nach entgegengesetzten Richtungen vor sich. Es scheint überdem, es müsse die Kreisbewegung, verbunden mit der fortschreitenden Bewegung nach der Länge des Leiters, eine Schneckenlinie oder Spirale beschreiben, welches jedoch, wenn ich nicht irre, zur Erklärung der bisher beobachteten Erscheinungen nichts beiträgt.[8])

Alle hier angegebene Wirkungen auf den Nordpol der Nadel lassen sich leicht verstehen, wenn man annimmt, dass die negativ elektrische Kraft oder Materie eine rechts gewundene Spirale durchläuft, und den Nordpol fortstösst, auf den Südpol aber nicht [**304**] wirkt; und eben so alle Wirkungen auf den Südpol, wenn man der positiv elektrischen Kraft oder Materie eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung, und das Vermögen auf den Südpol und nicht auf den Nordpol der Nadel zu wirken, zuschreibt. Von der Uebereinstimmung dieses Gesetzes mit der Natur überzeugt man sich besser durch Wiederholen der Versuche, als durch eine lange Erklärung. Die Beurtheilung der Versuche würde aber durch Figuren sehr erleichert werden, welche den Weg, den die elektrischen Kräfte in dem verbindenden Drahte gehen, zeigen.[9])

Ich füge dem Gesagten nur noch hinzu, dass ich in einem schon vor sieben Jahren herausgekommenen Werke bewiesen habe, dass die Wärme und das Licht der elektrische Conflict sind. Aus den neuen hinzu gekommenen Beobachtungen lässt sich schliessen, dass die Bewegung in Kreisen auch in diesen Wirkungen vorkomme; welches zur Aufklärung derjenigen Thatsachen, die man die Polarität des Lichts nennt, wie ich glaube, viel beitragen kann.

Geschrieben zu Kopenhagen den 21. Juli 1820.

---

[289]

Ueber den Magnetismus der galvanischen Kette.

Von

Seebeck.*)

Durch die in der Geschichte des Magnetismus Epoche machende Entdeckung *Oersted*'s haben wir den Magnetismus in einer neuen, vorher unbekannten Form kennen gelernt; es hat sich zugleich aus den von *Oersted* entdeckten Thatsachen ergeben, dass ein festes Verhältniss zwischen der elektrischen und magnetischen Polarisation in den galvanischen Ketten bestehe. — Ob die einzige Bedingung der Erregung des Magnetismus in derselben die ununterbrochene Erregung und Aufhebung der elektrischen Spannung sei? Ob überall, wo diese stattfindet, auch jener erfolgen müsse? oder ob wohl noch andere Bedingungen gefordert sein möchten, wenn eine magnetische Spannung in den dazu geeigneten Körpern erfolgen soll? dies war auch nach jenen Erfahrungen noch als unentschieden anzusehen.[10])

Aus der genaueren Kenntniss aller Umstände, unter welchen eine Zu- und Abnahme des Magnetismus in der geschlossenen Kette eintritt, musste eine bestimmte Antwort auf diese Fragen hervorgehen. Indem ich eines Theils hierauf meine Aufmerksamkeit richtete, suchte ich zugleich eine weitere Aufklärung über das Gesetz der Vertheilung des Magnetismus [290] in den galvanischen Ketten, und über das Verhältniss dieses Magnetismus zu dem in den Eisenmagneten zu erlangen.

---

*) Bearbeitet nach Vorlesungen, welche den 14. December 1820 und den 8. Februar 1821 gehalten worden, nebst einigen später hinzugefügten Zusätzen.

Als ich diese Untersuchungen im Anfange des Septembers 1820 begann, war mir ausser der ersten gedruckten Notiz, welche Herr *Oersted* von seiner Entdeckung gegeben, auch die später von ihm gemachte Erfahrung bekannt, dass selbst mit einfachen Ketten alle galvanisch-magnetischen Erscheinungen dargestellt werden können.

Die ersten vergleichenden Versuche, welche ich mit einer Voltaischen Säule und mit einer einfachen Kette anstellte, überzeugten mich, dass diese viel wirksamer sei als jene; ich habe mich daher in den folgenden Untersuchungen immer nur einfacher Ketten bedient, obwohl von verschiedener Construction.

1. Wiederholung der Hauptversuche *Oersted*'s. — Ein Paar Platten von Kupfer und Zink, jede $5^1/_3$ Quadratfuss gross, zwischen welchen sich eine $4^1/_2$ Quadratfuss grosse, mit einer Auflösung von Küchensalz und Salmiak, oder mit verdünnter Schwefelsäure benetzte Pappscheibe befand, lag mit zwei Kanten genau im magnetischen Meridian. Von der Mitte der beiden andern Kanten gingen zwei horizontal liegende, starke Messingdrähte *Za* und *Kb* (Fig. 1), der eine von der Zinkplatte, der andere von der Kupferplatte aus. Auf diesen Drähten, welche im Osten über den Platten hervorragten, ruhte der die Kette schliessende, horizontal liegende Metallstab *ab*. Der von der Zinkplatte ausgehende Draht, *Za*, lag in Süden, der von der Kupferplatte ausgehende, *Kb*, in Norden.

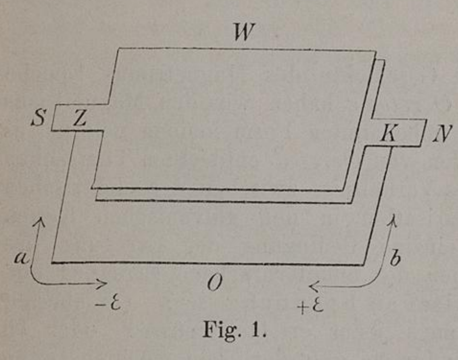


Fig. 1.

a) Stand die Declinations-Boussole unter dem Stabe *ab*, so wich die Magnetnadel bei der Schliessung der Kette mit ihrem Nordpol (— *m*)*) nach Osten ab.

*) In Frankreich nennt man den Pol der Magnetnadel, welcher sich nach Norden richtet, den südlichen Pol, in Deutschland den Nordpol. Da eine gleichförmige, dem wahren Verhältniss der Pole der Nadel zu den Polen der Erde entsprechende Bezeichnungsart zu wünschen ist, so schlage ich vor, in wissenschaftlichen Werken

b) Stand die Magnetnadel über dem Stabe, so wich der Nordpol nach Westen ab.

[291] c) Befand sich die Declinationsnadel an der Ost- oder an der Westseite des Stabes, in der durch die Achse desselben gehenden Horizontalebene, so fand keine Declination statt.

d) Wurde eine Inclinationsnadel, welche durch ein Gegengewicht am Südpol ($+ m$) in eine horizontale und *ab* (Fig. 1) parallele Lage gebracht worden, diesem Stabe von der Ostseite her genähert, so neigte sich der Südpol derselben ($+ m$).

e) Diese Nadel von der Westseite her *ab* genähert, inclinirte mit dem Nordpol ($- m$).

f) Stand die Inclinationsnadel über oder unter dem Stabe *ab* in der durch die Achse desselben gehenden Vertikalebene, und zugleich der Achse parallel, so erfolgte keine Inclination.

2. Wurde der Apparat in der Horizontalebene so weit herumgedreht, dass der schliessende Stab *ab* perpendikulär auf dem magnetischen Meridian zu stehen kam, so blieb bei schwach wirkenden galvanischen Ketten die freischwebende Declinationsnadel vollkommen in Ruhe.

Alle diese Resultate stimmen genau mit den ersten Angaben *Oersted*'s überein.

Wird eine stark wirkende galvanische Kette angewendet, so erfolgen, wenn *ab* (Fig. 1) sich in der eben erwähnten Lage befindet, folgende Declinationen:

a) Liegt der Zinkpol der Kette in Westen, der Kupferpol in Osten, und befindet sich die Declinationsnadel unterhalb *ab*, so erfolgt eine völlige Umkehrung der Nadel, der Nordpol derselben ($- m$) kommt in Süden ($+ M$) zu stehen, die Declination beträgt also 180°. Oberhalb des Stabes bleibt die Declination dagegen Null.

b) Liegt der Kupferpol in Westen, der Zinkpol in Osten, so ist die Declination unterhalb des Stabes Null, oberhalb desselben 180°.

3. In den § 1 angeführten Versuchen befanden sich die

---

den magnetischen Nordpol der Erde mit $+ M$ und den Südpol mit $- M$, den Nordpol der Magnetnadel (den sich nach Norden richtenden), desgleichen den der Magnetstäbe etc. mit $- m$, und den Südpol derselben mit $+ m$ zu bezeichnen. Hierdurch würde jede Zweideutigkeit vermieden, und die in jedem Lande übliche Benennung könnte beibehalten werden.

Magnetnadeln vor der Schliessung der Kette in der natürlichen Stellung freischwebender Nadeln, mit dem Nordpol ($-m$) gegen Norden ($+M$) gerichtet. Der $-m$ Pol der Nadeln war also vor der Schliessung dem Pol der galvanischen Kette zugekehrt gewesen, von welchem $+E$ nach der Voltaischen Theorie in ab eintritt*).

[292] Den Magnetnadeln wurde nun die umgekehrte Stellung gegeben, so dass ihr $-m$ Pol nach Süden ($-M$) zu stehen kam, also gegen den $-E$ Pol des schliessenden Stabes zu, welches bei der Declinations-Boussole durch ein in einigem Abstande von der Nadel aufgestelltes Magnetstäbchen bewirkt wurde. Beim Schliessen der Kette erfolgte hier genau dieselbe Declination, wie bei der freien Stellung der Nadel; nämlich unter dem Stabe eine östliche und über demselben eine westliche Abweichung des $-m$ Poles. Auch die Inclinationen wurden nicht verändert, wenn der $-m$ Pol der Nadel dem in Süden liegenden $-E$ Pol zugekehrt war; an der Ostseite von ab neigte sich der $+m$ Pol und an der Westseite der $-m$ Pol.

Die Declinationen und Inclinationen von Magnetnadeln, welche dem horizontalen schliessenden Stabe ab parallel stehen, werden also nie grösser als 90° werden können. Dass sie aber auch wirklich diesen Grad erreichen können, davon sind bereits am Ende des § 2 einige Beispiele vorgekommen.

4. In der folgenden Tabelle habe ich zur bequemeren Uebersicht die Declinationen und Inclinationen der Magnetnadeln am Stabe ab (Fig. 1) in den beiden angeführten Lagen desselben, im magnetischen Meridian, und in der Ebene des magnetischen Aequators vollständig zusammengestellt.

---

*) Denn nach dieser Theorie geht $+E$ vom Kupfer in den Zink, und vom Zink in den feuchten Leiter. Nach dem dualistischen System geht zugleich $-E$ vom Zink durch den leitenden Draht nach dem Kupfer zu, und von diesem in den feuchten Leiter. Der Zink wird das positive Metall und Kupfer das negative Metall genannt, weil nach der Berührung und Trennung der Zink positiv elektrisch und das Kupfer negativ elektrisch gefunden wird; es wird bei dieser Benennung, welche auch beständig beibehalten werden sollte, darauf gesehen, was eines durch das andere geworden ist. Auch in der geschlossenen Kette ist Zink immer $+E$ und Kupfer $-E$ werdend. In Beziehung auf den schliessenden Stab ab muss aber in der einfachen Kette, wie die Fig. 1, der Zink als $-E$ Pol und das Kupfer als $+E$ Pol angesehen werden. In Beziehung auf den feuchten Leiter dagegen ist Zink der $+E$ Pol und Kupfer der $-E$ Pol.

	Declination unterhalb ab	Declination oberhalb ab	Inclination an der West-seite von ab	Inclination an der Ost-seite von ab
1) K in N, Z - S	östlich	westlich	$-m$	$+m$
2) Z - S, K - N	westlich	östlich	$+m$	$-m$

[293] Die Declinationen und Inclinationen bleiben immer dieselben, ab mag an der Ost- oder an der Westseite der Platten liegen.

	Declination unterhalb ab	Declination oberhalb ab	Inclination an der Süd-seite von ab	Inclination an der Nord-seite von ab
3) K in W, Z - O	nördlich*)	südlich*)	$-m$	$+m$
4) Z - W, K - O	südlich	nördlich	$+m$	$-m$

Die Declinationen und Inclinationen bleiben auch hier dieselben, ab mag an der Nordseite oder an der Südseite der Platten liegen.

Noch ist zu bemerken, dass es völlig gleichgültig ist, ob die Kupferplatte in der Kette (Fig. 1) unten oder oben liegt; die Declinationen oder Inclinationen bleiben in den verschiedenen Lagen des Kupfer- und Zinkpoles immer, wie hier angegeben worden.[11])

5. Wird die ganze geschlossene Kette (Fig. 1) mit den Magnetnadeln zugleich in der Horizontalebene herumgedreht, so bleibt die Richtung der Nadeln gegen die Theile des Apparates unverändert dieselbe, in welchem Azimuthe mit dem magnetischen Meridian der schliessende Stab ab sich auch befinde.

Steht die Inclinationsnadel zwischen ab und den Platten, so bleibt in der Kette (Fig. 1) immer der Nordpol ($-m$) geneigt, und steht sie ausserhalb des Bogens $ZabK$, so bleibt der Südpol ($+m$) geneigt.

*) Bei freischwebenden Magnetnadeln, also im ersten Falle 0° und im letzteren 180°.

Eben so unveränderlich ist der Stand der Declinationsnadel. Oberhalb *ab* weicht der — *m* Pol derselben jederzeit nach den Platten zu ab, und unterhalb nach der entgegengesetzten Seite zu, in welchem Azimuthe *ab* auch liege.

Diese Versuche beweisen, dass eine eigenthümliche, von allen äussern Einflüssen unabhängige magnetische Polarisation in der geschlossenen galvanischen Kette besteht, und dass dieselbe in Beziehung auf die Lage der elektrischen Pole der Kette unveränderlich ist.

[294] Die entgegengesetzten Declinationen an einer und derselben Stelle bei den entgegengesetzten Richtungen des Stabes *ab*, welche in der Tabelle § 4 angeführt worden, sind also eine nothwendige Folge der in Beziehung auf die verschiedenen Theile der Kette sich immer gleich bleibenden magnetischen Polarisation. Der Grad der Abweichung jener Nadeln ist bald grösser bald kleiner, je nachdem der Magnetismus der Kette die Einwirkung des Erdmagnetismus auf die Nadel mehr oder weniger zu überwinden vermag. Je stärker die magnetische Spannung der Kette ist, desto näher kommt die Stellung der Declinations- und Inclinationsnadeln in allen Azimuthen dem perpendikulären Stande auf *ab*.

6. Da nun in der Kette (Fig. 1) $-E$ die Richtung $ZabK$ und $+E$ die entgegengesetzte Richtung $KbaZ$ hat, so folgt aus den sämmtlichen bisher angeführten Erfahrungen, dass die Ebenen der elektrischen und magnetischen Polarisation in den geschlossenen galvanischen Ketten einander rechtwinklig durchschneiden. Wie schwach oder stark auch die magnetische Spannung in den Ketten sei, die Ebene der magnetischen Polarisation steht immer perpendikulär auf *ab*. Denn gleichartige Declinationen und Inclinationen bei entgegengesetzter Lage der Magnetnadelpole gegen die elektrischen Pole der Kette, wie in den § 3 angeführten Versuchen, können nur dann erfolgen, wenn die Ebene der magnetischen Polarisation von *ab* die magnetische Polarisationsebene der Magnetnadeln rechtwinklig durchschneidet.

Das Verhalten der Magnetnadeln an einzelnen bestimmten Stellen in der Kette, z. B. unter dem schliessenden Stabe *ab*, ist zu vergleichen dem einer freischwebenden Nadel, welcher eine zweite Magnetnadel rechtwinklig, die magnetischen Mittelpunkte über einander stehend, genähert wird. Die Declination der ersten Nadel ist um so grösser, je stärker der Magnetismus der zweiten ist, oder je näher diese der ersten

gebracht wird. Ist aber die zweite Nadel beträchtlich schwächer oder kürzer als die erstere, so bleibt die Declination immer nur gering, selbst wenn die Nadeln einander sehr nahe stehen. Gleichgültig ist es auch hier, wie in den Versuchen § 3, nach welcher Weltgegend die Pole der schwebenden Nadel gerichtet worden, so lange die zweite rechtwinklig über ihr stehende in unveränderter Lage bleibt; die Declination erfolgt in den beiden entgegengesetzten Stellungen der ersten Nadel, immer nach derselben Seite zu, wie leicht einzusehen.

[295] 7. Wollte man die Vergleichung der Wirkungen des Stabes ab auf die Magnetnadeln mit denen zweier Magnete auf einander weiter fortsetzen, so würde man in der oberen Hälfte des Stabes zwei andere magnetische Pole, welche sich in umgekehrter Lage gegen die in der unteren Hälfte befänden, annehmen müssen. Diese vier Pole würden aber noch nicht zureichen, die Inclinationen zu erklären. Hier müssten noch zwei andre Magnete an den beiden Seiten des Stabes angenommen werden, deren Pole den ungleichnamigen Polen der ersten beiden Magnete zugekehrt wären. Diese Vorstellung von acht feststehenden, alternirenden Polen am schliessenden Stabe ab, könnte auf den ersten Anblick zur Erklärung des Spieles der Magnetnadeln in der Kette genügend erscheinen, um so mehr, da durch vier auf die angegebene Weise mit einander verbundenen Magnetstäben die bis jetzt angeführten Erscheinungen nachgeahmt werden können; sie ist es jedoch keinesweges, wie schon aus dem folgenden Versuche hervorgeht.

8. Es werde statt des schliessenden Stabes ab (Fig. 1) ein Cylinder*) von einigen Zollen Durchmesser auf den Drähten Za und Kb befestigt, und es werde der ganze bügelförmige Leiter $ZabK$ um seine Achse ZK herumgedreht, so dass ab endlich an der Westseite der Platten zu liegen kommt. Lässt man die Declinationsnadel dieser Bewegung des Cylinders folgen, so findet man oberhalb desselben ununterbrochen eine östliche und unterhalb eine westliche Declination. — Alle Theile der Oberfläche des Cylinders kommen hierbei entweder über oder unter der Nadel zu stehen, doch nirgends ist ein Punkt am Cylinder zu entdecken, welcher vorzugsweise als $+m$ oder $-m$ Pol angesehen werden könnte; keiner zeichnet

---

*) Der Cylinder kann hohl sein, die Wirkung wird dadurch nicht verändert.

sich vor dem andern aus, an jedem Punkte wird man mit gleichem Rechte den einen wie den andern Pol setzen können.

Noch bündiger als durch diese Erfahrung wird die im vorigen § erwähnte Annahme von acht feststehenden Polen an *ab* durch folgende Versuche widerlegt.

Fig. 2.

9. Es sei $\alpha\beta\gamma\delta$ (Fig. 2) der Querschnitt eines die galvanische Kette schliessenden, im magnetischen Meridian liegenden Metallstabes, dessen Zinkpol sich in Süden, der Kupferpol in Norden befinde. Stahlnadeln [**296**] auf demselben transversal gestrichen, nehmen folgendermassen einen bleibenden Magnetismus an.

Wird die Stahlnadel auf der obern Fläche des Stabes von α nach β, also von Osten nach Westen geführt, so erhält das Ende, mit welchem zu streichen aufgehört worden, den Südpol $(+m)$. Wird die Nadel von β nach α gestrichen, so erhält dies Ende den Nordpol $(+m)$. Entgegengesetzt verhält sich die untere Fläche; durch Streichen von γ nach δ, also von O nach W erhält das Ende der Nadel, welches den Stab zuletzt berührte, $-m$, und durch Streichen von W nach O $+m$.

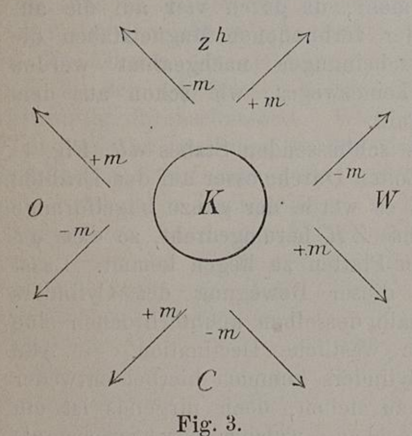


Fig. 3.

Wird eine Nadel an der Westseite des Stabes aufwärts von δ nach β gestrichen, so erhält das Ende, mit welchem zu streichen aufgehört worden, $-m$; an der Ostseite aufwärts von γ nach α gestrichen, erhält es $+m$. Werden Stahlnadeln an der West- und Ostseite niederwärts gestrichen, so erhalten sie den vorigen entgegengesetzte Pole.

Wie sich die Nadeln in den Zwischenrichtungen verhalten, zeigt Fig. 3. Ob der schliessende Stab rund oder viereckig ist, ist gleichgültig. Bei stark wirkenden galvanischen Ketten werden Stahlnadeln nicht bloss durch Streichen auf dem schliessenden Stabe magnetisch, sie werden es auch, wenn sie in einigem Abstande über denselben hingeführt werden.

Wird eine Stahlnadel bei der angegebenen Lage der galvanischen Kette um den schliessenden Stab in der Richtung $OZhWCO$ (Fig. 4) im Kreise herumgeführt, so erhält das Ende der Nadel, welches denselben zuletzt berührte, jedesmal den Südpol ($+m$), an welchem Punkte der Oberfläche des Stabes man auch zu streichen aufhöre. Durch Streichen in der entgegengesetzten Richtung $WZhOCW$ erhält jenes Ende jederzeit den Nordpol ($-m$).

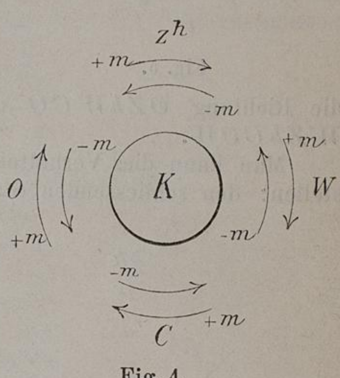


Fig. 4.

Jeder Punkt der Oberfläche des Stabes ist also $+m$ und $-m$ zugleich, und keines von beiden ausschliessend. Wo er $+m$ erregt, da ist er als $-m$ Pol, und wo er $-m$ erregt, da ist er als $+m$ Pol anzusehen. Es giebt also am ganzen schliessenden Stabe nirgends feststehende Pole oder einzelne Stellen, an welchen $+m$ oder $-m$ im Uebergewicht vorhanden wäre. Der polar-magnetische Gegensatz in demselben ist also einzig dadurch begründet, dass die Richtungen der beiden durch die Action der Kette erregten Magnetismen einander entgegengesetzt sind, dass nämlich $+m$ nach der einen Seite zu im Kreise herum und $-m$ nach der entgegengesetzten Seite zu gerichtet ist.

[297] Wenn wir nun bei der angegebenen Lage des schliessenden Stabes die Nadeln in der Richtung $OZhWCO$ herumführend $+m$ am zuletzt berührenden Ende erhielten, so muss $+m$ in und um den Stab die entgegengesetzte Richtung haben. Dasselbe gilt für $-m$.

Aus diesem allen geht nun hervor, dass der schliessende Stab einen einfachen magnetischen Wirkungskreis hat, dessen Achse mitten durch den Stab geht, und dass in diesem

Wirkungskreise $+m$ die Richtung $WZhOCW$ (Fig. 5) und $-m$ die Richtung $OZhWCO$ hat, wenn die $-E$ Seite des schliessenden Stabes (die dem Zinkpol der Kette zugekehrte Seite) in Süden, und die $+E$ Seite in Norden liegt.

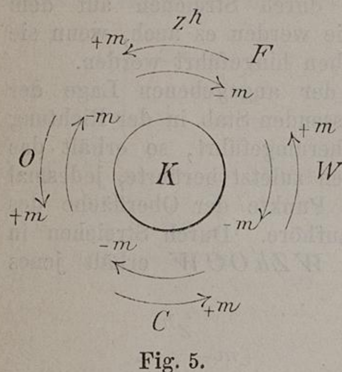


Fig. 5.

Die Richtung der beiden Magnetismen bleibt immer dieselbe, welche Lage gegen die Weltgegenden man auch der Kette gebe, nur die Bezeichnung der Richtungen muss dann, wie leicht einzusehen, verändert werden; und also wird man, wenn der Kupferpol der einfachen Kette in S und der Zinkpol in N liegt, sagen müssen, $+m$ am Stabe hat die Richtung $OZhWCO$ und $-m$ die entgegengesetzte $WZhOCW$.

Man kann dies Verhältniss im Allgemeinen auch so darstellen: den schliessenden Stab erfüllt und umgiebt ein einfacher magnetischer Wirkungskreis, welcher um die Achse des Stabes so gestellt ist, dass alle von der Achse ausgehenden Radien in den perpendikulär auf derselben stehenden Ebenen nach der einen Seite zu $+m$ und nach der andern Seite $-m$ sind, und zwar in gleichförmig wechselnder Folge, indem das $+m$ des einen Radius dem $-m$ des andern zugekehrt ist, wie in Fig. 6 angedeutet worden. Die Radien sind aber nur $+m$ und $-m$ in den perpendikulär auf der Achse stehenden Ebenen, in der Richtung der Achse selbst sind sie dagegen als magnetisch indifferent anzusehen.

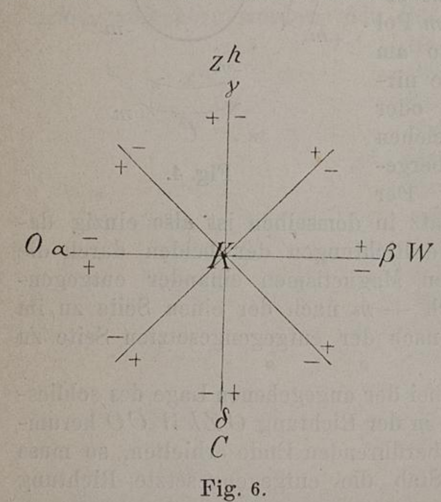


Fig. 6.

10. Ist der Magnetismus nach diesem Gesetz in der Kette vertheilt, so werden Eisenfeilspäne um lothrecht gestellte schliessende Stäbe sich kreisförmig ordnen müssen. Versuche haben dies bestätigt; die Späne bildeten vollkommen concentrische Kreise (Fig. 7) von desto grösserem Durchmesser, je stärker die magnetische Spannung der Kette war. Ueber und unter horizontal liegenden Stäben ordnen sich dagegen die Feilspäne in parallelen, perpendikulär auf dem Längendurchmesser derselben stehenden Linien, ganz dem angeführten Gesetze gemäss. Diese Feilstaub-Figuren bilden sich am leichtesten an Stäben von einigen Linien Durchmesser, minder deutlich an dünnen Drähten.[12])

[298] 11. Die oben beschriebenen Declinationen und Inclinationen erfolgen nach dem angegebenen Gesetz der Vertheilung des Magnetismus am schliessenden Stabe folgendermassen.

Eine mitten, unter oder über den horizontalen verbindenden Stab *ab* (Fig. 1) gestellte Declinationsnadel findet beim Schliessen der Kette an der einen Seite ihrer ganzen Länge nach $+m$, an der andern Seite $-m$ des magnetischen Wirkungskreises des Stabes. Da nun gleichnamige Magnetismen abstossend und ungleichnamige anziehend auf einander wirken, so wird der $-m$ Pol der Nadel sich nach der Seite wenden müssen, wo ihm das $+m$ jener magnetischen Atmosphäre zugekehrt ist, und er wird die Bewegung nach dieser Seite hin so lange fortsetzen müssen (wenn nicht eine andre magnetische Kraft entgegenwirkt) als noch die $-m$ Hälfte der Nadel an der einen Seite von einem anziehenden $+m$ und an der andern von einem abstossenden $-m$ berührt wird, d. h. so lange bis die Nadel genau in der die Achse rechtwinklig schneidenden Polarisationsebene des Stabes steht*).

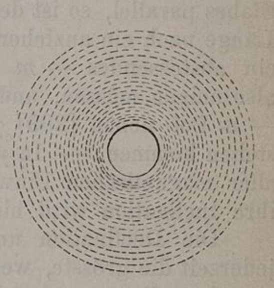


Fig. 7.

*) Will man sich die Bewegung der Nadel als bewirkt durch eine magnetische Strömung denken, so wird man sagen müssen, die Nadel kommt nur dann zur Ruhe, wenn sie sich in der Richtung der Strömung befindet, ohne jedoch behaupten zu können, dass aus der Bewegung der Nadel eine wirkliche Strömung folge; eben so wenig als in der Bezeichnung der Radien mit $+m$ und $-m$ die Behauptung liegt, dass es körperliche Radien gebe, an welchen $+m$ und $-m$ auf die angegebene Weise vertheilt sei.

Jeder Theil der magnetischen Atmosphäre des Stabes ist auf der Seite, gegen welche $+m$ gerichtet ist, als $+m$ Pol wirksam; eine Declinationsnadel muss sich also unterhalb des Cylinder-Durchmessers $\alpha\beta$ (Fig. 6) mit ihrem $-m$ Pol unter α und mit ihrem $+m$ Pol unter β stellen, weil in jedem Halbkreise $\gamma\alpha\delta$ $+m$ die Richtung $ZhOC$ und $-m$ in jedem Halbkreise $\gamma\beta\delta$ die Richtung $ZhWC$ hat.

Steht die Declinationsnadel dem verbindenden Stabe parallel in der durch $\alpha\beta$ (Fig. 6) gehenden Ebene, so wird die Declination derselben beim Schliessen der Kette Null bleiben, weil hier in der Horizontalebene, in welcher sich diese Nadel nur bewegen kann, keine magnetische Polarisation stattfindet. — Eine in der Vertikalebene bewegliche Magnetnadel, wie die Inclinationsnadeln, wird dagegen hier ihre Stellung verändern müssen. Stellt man sie der Achse des Stabes parallel, so ist der oberen Fläche derselben der ganzen Länge nach ein anziehendes $+m$ oder $-m$ und der unteren ein abstossendes $-m$ oder $+m$ zugekehrt, sie wird sich also neigen müssen, und an der Ostseite des Stabes mit ihrem $-m$ Pol neben [299] γ und an der Westseite neben δ zu stehen kommen. — In γ und δ selbst stehend ist diese Nadel aller magnetischen Einwirkung in der Vertikalebene entzogen, ihre Inclination wird hier also Null sein.

Die Declination unterhalb und oberhalb des Stabes ist jederzeit die grösste, welche sie in einem bestimmten Abstande von demselben werden kann, wenn der Mittelpunkt der magnetischen Kräfte der Nadel perpendikulär über oder unter der Achse des Stabes steht. Die Intensität des Magnetismus verhält sich umgekehrt wie der Abstand des Wirkungskreises vom Stabe, und die magnetische Mitte dieses Wirkungskreises ist die Achse des Stabes. Die beiden Hälften der Magnetnadel befinden sich in den $\alpha\beta$ (Fig. 6) parallel laufenden Ebenen nur dann in gleichem Abstande von der Achse und zugleich derselben am nächsten, wenn der magnetische Mittelpunkt die angegebene Lage hat; die Declination wird also hier am grössten sein, und in jeder andern Lage, wo wenigstens die eine Hälfte der Nadel, um zu gleicher Stellung in derselben Horizontalebene zu gelangen, in einen Theil des magnetischen Wirkungskreises von geringerer Intensität treten müsste, wird also die Declination geringer ausfallen müssen. Eine auf Quecksilber frei schwimmende Magnetnadel nimmt daher auch unter und über dem verbindenden Stabe jederzeit

die Stellung an, dass ihr magnetischer Mittelpunkt genau unter der Achse des Stabes zu stehen kommt, wie stark oder schwach auch die Declination sei.

Eine mit der Achse rechtwinklige Stellung kann die Declinationsnadel in γ und δ (Fig. 6) nur dann annehmen, wenn die magnetische Spannung in der galvanischen Kette stark genug ist, die Wirkung des Erdmagnetismus auf die Magnetnadel vollkommen zu überwinden. Bei schwach wirkenden Ketten, oder in grösseren Abständen von denselben, setzt sich die Magnetnadel mit den beiden auf sie einwirkenden Kräften, der des Erdmagnetismus und Magnetismus der Kette in Gleichgewicht, und nimmt eine mittlere Richtung an.

Die Declinationen von Magnetnadeln, welche ungleiche

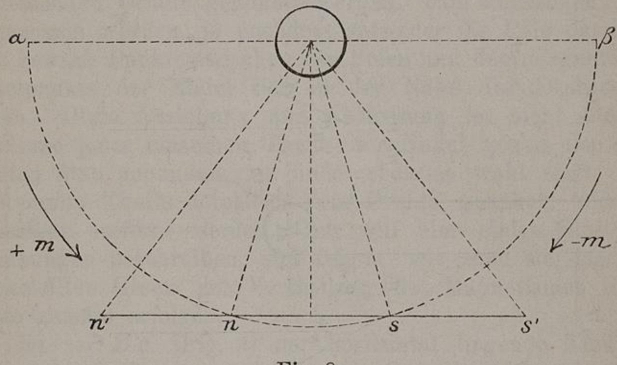


Fig. 8.

Längen haben, werden, bei gleichen Abständen ihrer magnetischen Mittelpunkte von der Achse des Stabes, ungleich sein. Denn nehmen wir an, die Intensität des Magnetismus in der Atmosphäre eines schliessenden Stabes an den Punkten n und s (Fig. 8) habe eben den Grad erreicht, dass eine Magnetnadel ns bis zu einer Declination von 90° gelangen kann, so wird eine längere Nadel $n's'$ an derselben Stelle diesen Grad der Declination nicht erreichen [300] können, weil die Punkte $n's'$, in welche sie treten soll, von der Achse entfernter sind als ns, wo der Magnetismus der Annahme zufolge erst den Grad der Stärke erlangt hatte, welcher zu dieser Stellung der Nadel erforderlich war. Soll die längere Nadel bis zu 90° decliniren, so wird sie dem Stabe beträchtlich näher gebracht

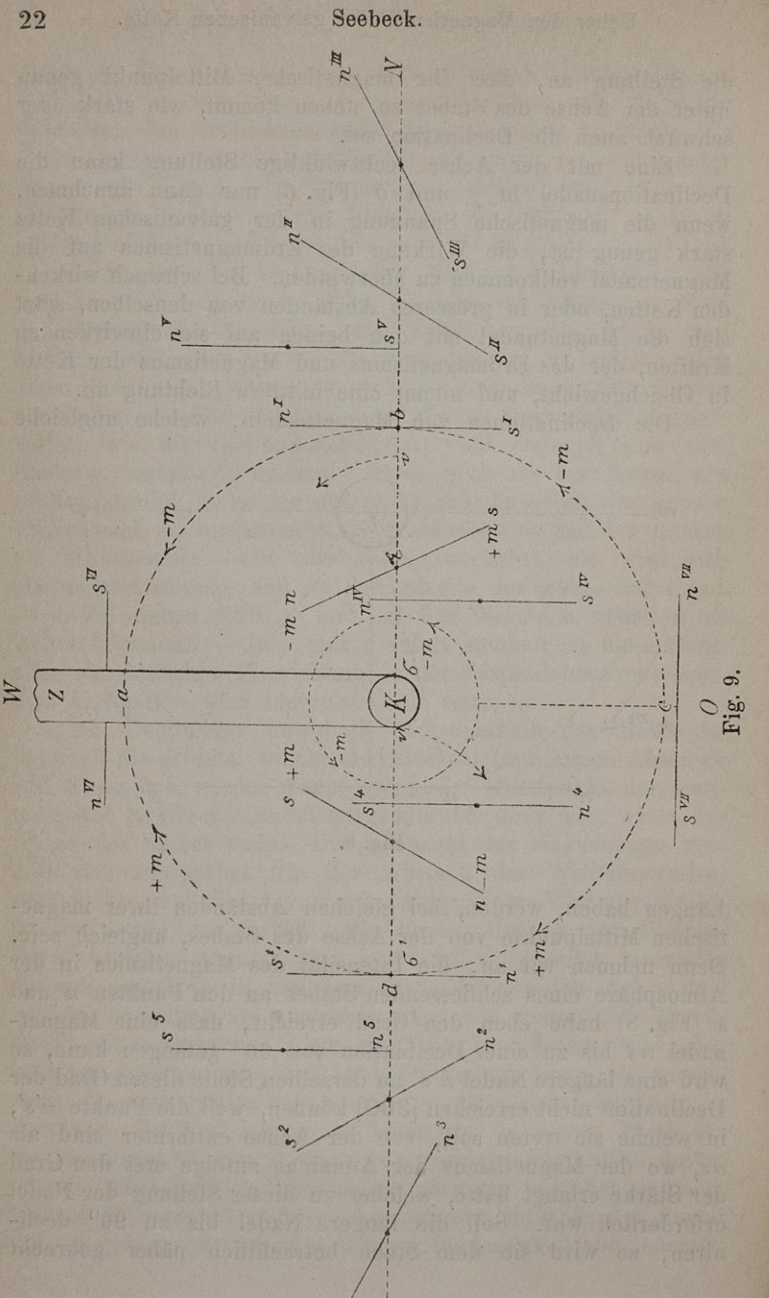


Fig. 9.

werden müssen. Was nun für den angenommenen Fall gilt, gilt auch für alle übrigen.

In zwei Versuchen mit Magnetnadeln von ungleichen Längen erhielt ich folgende Resultate:

a) Die Declination einer $8\frac{7}{16}$ Zoll langen Nadel betrug 45°
- - - $2\frac{1}{8}$ - - - - 75°
- - - $1\frac{3}{8}$ - - - - 80°

b) - - - $8\frac{7}{16}$ - - - - 31°
- - - $2\frac{1}{8}$ - - - - 55°
- - - $1\frac{3}{4}$ - - - - 60°
- - - $1\frac{3}{8}$ - - - - 63°.

12. Herr *Oersted* hat in seiner ersten Schrift angeführt, dass die Declinationsnadeln, welche einem lothrecht gestellten schliessenden Drahte genähert werden, bald angezogen, bald abgestossen werden, je nachdem entweder die Pole der Nadel oder gewisse Punkte zwischen den Polen und dem magnetischen Mittelpunkte der Nadel sich in der Nähe des Drahtes befinden. Diese Anziehung und Abstossung ist nicht bloss an die Lage jener einzelnen Theile der Nadel gegen den lothrechten Stab gebunden, sie findet eben so wohl statt, wenn auch andre Theile derselben dem Drahte genähert oder von demselben entfernt werden. Ich will hier einige dieser Erscheinungen beschreiben, und zeigen, wie auch sie dem eben aufgestellten Gesetz der Vertheilung des Magnetismus in der Kette gemäss erfolgen.

Es sei ZK (Fig. 9) der horizontal liegende Theil des schliessenden Bogens, gerichtet von O nach W; unter K befindet sich der vertikal stehende Theil desselben (in der Kette Fig. 11 ac). Eine Magnetnadel $\nu\sigma$ (Fig. 9) stehe vor der Schliessung der Kette in der Ebene des magnetischen Meridians, welche durch die Achse des vertikal stehenden Stabes geht. Wenn die Kette geschlossen wird, so bewegt sich der Nordpol der Nadel ($-m$) von N durch W gegen S zu, und nimmt die Stellung ns (Fig. 9) von NO nach SW an. Die Ebene der magnetischen Polarisation des vertikalen Stabes liegt horizontal, und $-m$ hat in derselben die Richtung $NWSON$, $+m$ hat also die entgegengesetzte Richtung. Wirkte **[301]** diese magnetische Atmosphäre allein auf die Magnetnadel, so würde sie sich in i (Fig. 9) nach dem vorigen Paragraphen perpendikulär auf den magnetischen Meridian stellen, weil die beiden Pole der Nadel sich dann in zwei

Punkten von ungleichnamiger, doch von gleicher Intensität des Magnetismus befänden. Aber die nördliche Hälfte der Magnetnadel $n\,i$ (Fig. 9) ist zugleich der magnetischen Wirkung des horizontalen Stabes ZK ausgesetzt. Die Polarisationsebene desselben steht vertikal, und es hat ihr $-m$ die Richtung $NCSZN$ (Fig. 10). Es wird also der n Pol der Nadel durch diese zweite, die erste rechtwinklig durchschneidende Atmosphäre aus W gegen S geführt werden können, da die nördliche Hälfte der Nadel in der Atmosphäre $a'Kb'$ (Fig. 10) steht.

Wirkte der Magnetismus des horizontalen Stabes allein auf die Nadel, so würde sie sich in den magnetischen Meridian stellen, und zwar mit ihrem n Pol $(-m)$ in Süden $(-M)$; diese Stellung anzunehmen verhindert sie aber die Gegenwirkung der magnetischen Atmosphäre des vertikal stehenden Stabes. Denn der nördlichen Hälfte der Nadel nis tritt ein von dem vertikalen Stabe ausgehendes und der Achse desselben nahe liegendes $-m$ entgegen (wie durch den kleinern Kreis, Fig. 9, angedeutet worden), und zugleich wird die südliche Hälfte der Nadel $(+m)$ von dem $-m$ des von der Achse entfernteren Theiles der magnetischen Atmosphäre jenes vertikalen Stabes angezogen. Beide den $-m$ Pol der Nadel nach N zurückführenden Kräfte halten denen sie nach S lenkenden des horizontalen Theiles der Kette das Gleichgewicht, und die Magnetnadel wird also eine mittlere Richtung annehmen müssen, entsprechend den sämmtlichen auf sie einwirkenden magnetischen Kräften.

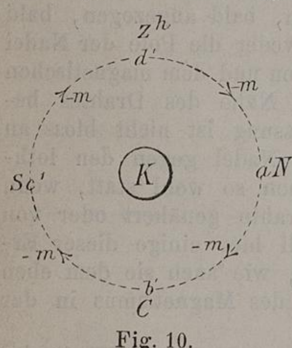


Fig. 10.

Je näher der magnetische Mittelpunkt der Nadel nis dem vertikalen Theile des schliessenden Bogens gebracht wird, desto weiter weicht der $-m$ Pol derselben gegen S ab: er wird aber erst dann ganz in S zu stehen kommen, wenn der magnetische Mittelpunkt der Nadel sich genau unter der Achse des horizontalen Stabes befindet, wie in $n^{VI}s^{VI}$. Hier erst wirken die sich rechtwinklig schneidenden magnetischen Atmosphären gleichmässig auf die Nadel, und da die gleichnamigen Magnetismen in beiden auch eine gleiche Richtung von N

nach S haben ($-m$ der ersteren von N durch W nach S und $-m$ der anderen von N durch C nach S, — wozu noch ein drittes $-m$ von N durch Z nach S und ein wenn gleich schwach wirkendes viertes von N durch O nach S kommt, wie weiter unten nachgewiesen [**302**] werden wird), so verstärkt eine Atmosphäre die Wirkung der anderen. Die Declinationsnadel nimmt daher auch überall zwischen K und Z die in $n^{VI}\,s^{VI}$ angegebene Stellung an, wenn ihr magnetischer Mittelpunkt genau unter der Achse des Bogens steht.

Führt man die Nadel nis (Fig. 9) von dem vertikal stehenden Stabe weiter nach N hin, so nimmt die Wirkung des horizontalen Theiles der Kette auf die nördliche Hälfte der Nadel ni stetig ab, und es wird dieselbe, während ihr magnetischer Mittelpunkt immer in der durch die Achse des vertikalen Theiles gehenden magnetischen Meridianebene bleibt, in einem Punkte b perpendikulär auf den magnetischen Meridian zu stehen kommen. Führt man die Nadel in dieser Ebene noch weiter nach N fort, so gewinnt der Magnetismus der Erde über den der galvanischen Kette das Uebergewicht, und die Nadel nähert sich um so mehr ihrer natürlichen Stellung im magnetischen Meridian, je weiter sie von der Kette entfernt wird, wie durch $n^{II}\,s^{II}$ und $n^{III}\,s^{III}$ angedeutet worden.

Auch innerhalb des Raumes Kb kann der Magnetnadel eine perpendikuläre Stellung auf den magnetischen Meridian gegeben werden. Es wird dies dadurch bewirkt, dass ein grösserer oder kleinerer Theil der nördlichen Hälfte der Magnetnadel der Wirkung des horizontalen Theiles der Kette entzogen wird, indem die Tafel weiter nach Osten geführt wird. Je näher dieselbe vorher mit ihrem magnetischen Mittelpunkte dem vertikalen Stabe stand, desto weiter muss sie, um diese Stellung zu erlangen, nach Osten zurückgezogen werden, z. B. wie in $n^{IV}\,s^{IV}$, wo nur noch das äusserste Ende der Nadel in die magnetische Atmosphäre von Zk hineinreicht.

Wird die Nadel von hier aus weiter nach N oder nach O geführt, so nimmt die Declination ab, und der $-m$ Pol derselben geht weiter nach Norden zurück. Ihre vollkommene Stellung im magnetischen Meridian nimmt die Nadel in der Nähe des vertikal stehenden Stabes aber nur dann erst an, wenn ihr magnetischer Mittelpunkt in der durch die Achse desselben gehenden magnetischen Aequatorialebene steht, wie in $n^{VII}\,s^{VII}$. Diese Stellung behält sie auch in jedem Abstande von K nach Osten zu, da sowohl die äussere magnetische

Atmosphäre des vertikalen Stabes bcd (Fig. 9) als der Erdmagnetismus sie in derselben erhalten.

Wird die Magnetnadel $n^I s^I$ bei unverändertem Abstande von KZ weiter nach W hin geführt, so nimmt die Declination zu, der $-m$ Pol der Nadel weicht wiederum gegen SW ab, weil nun auch die südliche [303] Hälfte $(+m)$ der Nadel in die magnetische Atmosphäre des horizontalen Theiles der Kette tritt, deren $+m$ in dem unteren Theil $a'b'c'$ (Fig. 10) die Richtung von S durch C nach N hat, wodurch also die südliche Hälfte der Nadel nach N zurückzuweichen genöthigt ist. Soll die Nadel hier, d. h. wo sie eben erst ihrer ganzen Länge nach in die magnetische Atmosphäre von ZK getreten ist, perpendikulär auf den magnetischen Meridian zu stehen kommen, so wird sie weiter nach N, z. B. bis $n^V s^V$ geführt werden müssen. Hat sie hier die geforderte Stellung angenommen, so geht sie wieder mit ihrem $-m$ Pol nach NW und N zurück, wenn sie von dem Stabe KZ noch weiter nach N zu entfernt wird.

Also die $-m$ Pole der Magnetnadeln n^{IV}, n^I, n^V bewegen sich sämmtlich gegen die Kette zu (werden angezogen), wenn die Nadeln in der Ebene des magnetischen Meridians nach S zu, oder in der Ebene des magnetischen Aequators nach W zu geführt werden. Abstossung oder rückgängige Bewegung der $-m$ Pole erfolgt dagegen, wenn die Nadeln nach N oder nach O geführt werden.

Das Verhalten der Declinationsnadel an der Südseite von K ist in Fig. 9 angegeben worden. In das Einzelne dieser Erscheinungen einzugehen, würde überflüssig sein; nur darauf will ich aufmerksam machen, dass der $-m$ Pol der Nadel $\nu'\sigma'$ an der Nordseite sich beim Schliessen der Kette von N durch O nach S zu bewegt (also in entgegengesetzter Richtung von $\nu\sigma$ an der Nordseite), weil auf jener Seite $-m$ der magnetischen Atmosphäre des vertikalen Stabes die Richtung WSO hat, wodurch also ν' nach O zurückgestossen und σ' nach W angezogen werden muss.

Aus dem hier Vorgetragenen werden alle übrigen Abweichungen der Magnetnadeln, in welchem Abstande von dem schliessenden Bogen sie auch hin und her geführt werden, desgleichen die Stellungen der Nadeln am Zinkpole, und an den beiden Polen in anderen Lagen der Kette gegen die Weltgegenden sich leicht erklären und ableiten lassen. In welcher Lage die Magnetnadeln sich auch gegen den horizontalen

oder vertikalen Theil des schliessenden Bogens befinden mögen, überall setzen sie sich mit den auf sie einwirkenden magnetischen Kräften ins Gleichgewicht, und die wechselnde Stellung derselben an den verschiedenen Orten der Kette ist, wie wir gesehen haben, eine nothwendige Folge der Wirkung mehrerer der Intensität wie der Richtung nach verschiedenen Theile der magnetischen Atmosphäre der Kette, bald auf die ganze Nadel, bald auf einzelne Theile [**304**] derselben, welche durch den Erdmagnetismus theils befördert, theils gehemmt wird.

Wie gleichförmig kleine Magnete sich um den vertikalen schliessenden Stab ordnen, ist schon oben angeführt und Fig. 7 dargestellt worden. Auch die grösseren Magnetnadeln beschreiben solche Kreise, wenn sie um jenen Stab im Kreise herumgeführt worden, wie aus Fig. 9 zu ersehen, doch müssen galvanische Ketten von starker magnetischer Spannung angewendet werden; mit schwach wirkenden würden mehrere der hier angeführten Versuche nicht gelingen.

13. Eine galvanische Kette werde wie in Fig. 11 durch einen mitten über den Platten liegenden Stab *ab* geschlossen. Eine Magnetnadel, unter diesen Stab gestellt, wird in der angegebenen Lage des Apparates mit dem — *m* Pol östlich decliniren. Man führe die Boussole in der Horizontalebene nach Osten oder Westen fort, so bleibt die Declination östlich, nur nimmt sie in dem Verhältnisse ab, als man die Nadel weiter von dem Stabe entfernt. Bei einer stark wirkenden Kette fand ich noch in einem Abstand von 10 Fuss eine Declination von 4° an einer $8\frac{7}{16}$ Zoll langen Nadel.

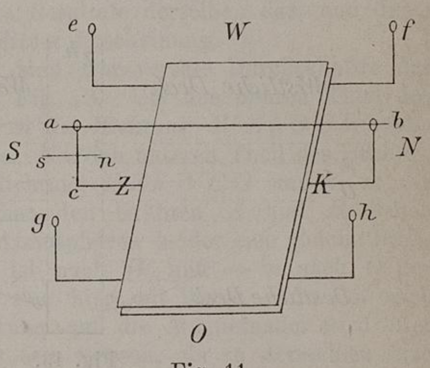


Fig. 11.

Man stelle nun die Magnetnadel oberhalb des Stabes, und führe sie gleichfalls in der Horizontalebene nach Osten und nach Westen fort, so nimmt die westliche Declination, welche mitten über dem Stabe am stärksten ist, sehr schnell

ab, und wird an einem bestimmten Punkte Null; über diesen hinaus wird sie aber wiederum östlich wie unter dem Stabe *a b*. Je näher über dem Stabe der Punkt liegt, von welchem man ausgeht, desto kleiner ist der Raum nach *O* und nach *W* zu, innerhalb dessen die Declination westlich bleibt, desto früher tritt der Nullpunkt ein, und über diesen hinaus östliche Declination. Zieht man durch alle diese Nullpunkte, wo die Nadel in verschiedenen Höhen über dem Stabe sich wieder in den magnetischen Meridian stellt, eine Linie, so erhält man eine Curve, wie in Fig. 13 dargestellt worden. Nur innerhalb dieser Curve finden wir westliche Declinationen, ausserhalb derselben überall östliche Declinationen.

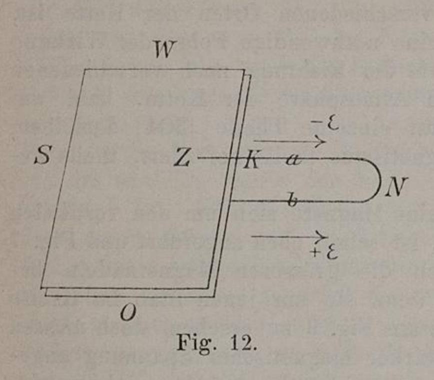


Fig. 12.

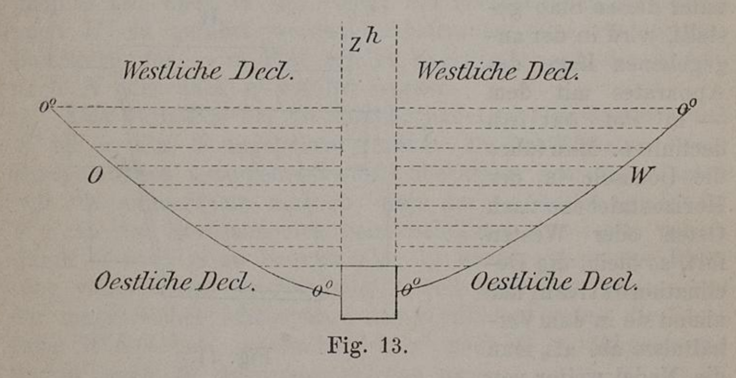


Fig. 13.

Woher nun diese Curve der Nullpunkte?

Sie kann dadurch erzeugt werden, dass der einfachen magnetischen Atmosphäre des Sabes eine zweite entgegenwirkt, und derselben an jenen Punkten das Gleichgewicht hält. Diese zweite Atmosphäre war hier in der [305] oberen Platte, der Zinkplatte, zu suchen. Dass diese wirklich magnetisch sei, zeigte sich, als die Kette geschlossen wurde, wie in Fig. 1.

Eine Magnetnadel mitten auf der Zinkplatte gestellt, wich dann östlich ab, auf dem Stabe ab dagegen westlich. Wurde ab in die Fig. 11 angegebene Lage gebracht, so blieb die Declination oberhalb ab westlich, doch war sie schwächer als vorhin, ohne Zweifel eine Folge der dem Magnetismus am Stabe entgegengesetzten Richtung der magnetischen Atmosphäre der Platte, welche also auch wohl an bestimmten Punkten eine vollkommene Aufhebung der Declination bewirken kann. Ist dies, so muss auch die magnetische Atmosphäre des Stabes auf die der Platte einwirken, und es wird unterhalb derselben eine ähnliche Curve in umgekehrter Lage gefunden werden müssen. Es wird ferner eine Kette, welche mit einem bügelförmigen Metalldraht geschlossen worden, Fig. 12 ab, die Einwirkung zweier magnetischen Atmosphären auf einander noch leichter und entscheidender darstellen, indem durch die Einwirkung der Atmosphäre des oberen Drahtes in die des unteren an diesem dieselbe Curve wird entstehen müssen, als am oberen durch Einwirkung der Atmosphäre des unteren Drahtes. Auch wird, wenn diese Erklärung richtig ist, die Curve sich verändern müssen, wenn man die Drähte weiter von einander entfernt. Versuche haben dies auf das vollkommenste bestätigt. Fig. 14 stellt die Resultate derselben dar, und diene zugleich zur Erklärung dieser Erscheinung.

A und B (Fig. 14) sind transversale Durchschnitte des schliessenden Bogens ab Fig. 13. Um den oberen Theil des Drahtes, um A, hat $+m$ die Richtung $WZhOCW$, also $-m$ die entgegengesetzte. Um den unteren Theil des Drahtes, um B, hat $+m$ die Richtung $OZhWCO$ und $-m$ die entgegengesetzte. Zwischen den Drähten A und B haben mithin die magnetischen Atmosphären beider eine gleiche Richtung, $+m$ von beiden ist nach W und $-m$ nach O gerichtet; die Nadel wird also hier mit ihrem $-m$ Pol nach O decliniren. Die Wirkung auf die Magnetnadel wird hier zugleich doppelt so stark sein müssen, als an demselben Orte an einem einfach schliessenden Stabe, wenn es eine Art der Schliessung gäbe, wo alle Wirkung einer zweiten magnetischen Atmosphäre gänzlich ausgeschlossen werden könnte. Oberhalb A und unterhalb B Fig. 14 (wo bei der in Fig. 13 angenommenen Construction der Kette die Declination westlich ist), wird dagegen die Wirkung geschwächt sein müssen; denn oberhalb A, [306] wo $+m$ von A die Richtung $WZhO$ hat, greift die Atmosphäre von B ein, dessen $+m$ die Rich-

tung $OZhW$ hat, also im entgegengesetzten Sinne wirkt. Ebenso ist oberhalb A — m von B dem — m von A entgegengesetzt.

Die Declination einer Magnetnadel ist in der durch die Achse eines schliessenden Bogens gehenden Vertikalebene immer die grösste, wie oben gezeigt worden, sie wird also auch in der Ebene ZhA Fig. 14 am grössten sein; ferner wird die mag-

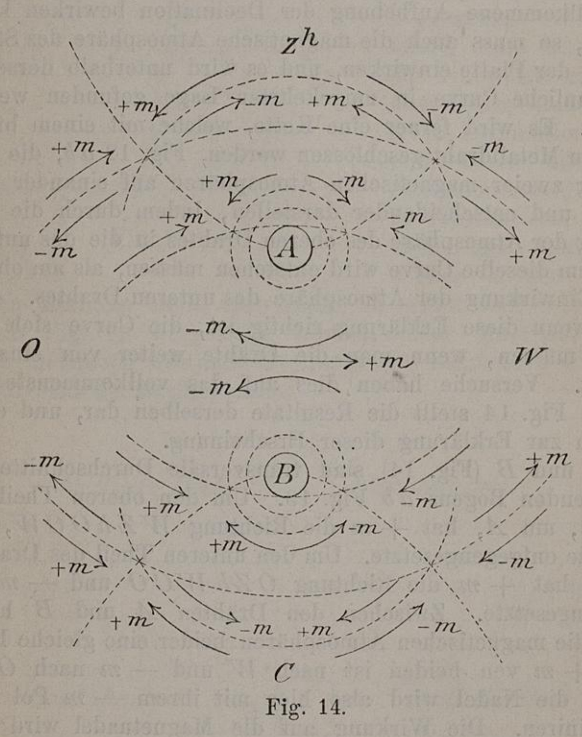


Fig. 14.

netische Atmosphäre von A hier über die von B das Uebergewicht behalten, da der Mittelpunkt von jener der Nadel näher liegt. Wie aber die Magnetnadel seitwärts von jener Vertikalebene nach O oder nach W zu geführt wird, so muss sie in jeder Höhe über A nothwendig auf Punkte treffen, wo das von B ausgehende schwächere, aber zugleich in der Richtung der Horizontalebene sich mehr nähernde + m und — m dem von A ausgehenden, stärkeren, in der Richtung der Vertikalebene näher kommenden + m und — m in der

Wirkung auf die nur in der Horizontalebene bewegliche Declinationsnadel das Gleichgewicht hält. An solchen Stellen wird also die Declinationsnadel weder östlich noch westlich von der Stellung, welche sie durch den Erdmagnetismus erhält, abweichen können. — Eine Linie durch diese Nullpunkte gezogen, wird eine Curve bilden müssen, deren Scheitelpunkt in den Mittelpunkt von A fällt. — Unterhalb B wird durch die Einwirkung der magnetischen Atmosphäre von A eine gleiche, doch umgekehrt liegende Curve entstehen müssen, und nur innerhalb der Curve über A und unter B wird bei der in Fig. 12 angegebenen Lage der Kette eine westliche Declination stattfinden können; in dem ganzen übrigen Raume zwischen diesen Curven von A und B wird die Declination östlich sein müssen.

Diese Curven sind veränderlich, sie sind weiter, je weiter A und B von einander abstehen, und sie werden enger, je näher A und B an einander gerückt werden, wie denn auch die Declinationen der Nadeln in der Ebene ZhC Fig. 14 über A und unter B sehr schnell abnehmen, wenn A und B einander genähert werden. Die magnetische Spannung in den beiden Schenkeln des Bügels bleibt bei dieser Annäherung immer dieselbe, aber dem $+m$ und $-m$ der äusseren Atmosphäre von A tritt ein um so stärkeres $+m$ und $-m$ von b entgegen, je näher A dem Schenkel B gebracht wird; ein gleiches findet in der äusseren Atmosphäre von B statt; die Declination wird also hier abnehmen, und bei der Berührung beider Schenkel Null werden.

[**307**] Dass die Curven der Nullpunkte für die Declinationsnadeln nicht zugleich die für die Inclinationsnadeln bei dieser Lage der Drähte sein können, ist aus dem Vorhergehenden leicht einzusehen. Wo hier keine Declination erfolgt, findet noch Inclination statt. Um gleiche Curven mittelst der Inclinationsnadel zu erhalten, wird dem schliessenden Bogen ab Fig. 12 eine horizontale Lage gegeben werden müssen, so dass a in Osten und b in Westen zu liegen kommt, oder umgekehrt.

Ich füge hier die Resultate einer der wenigen vorläufig unternommenen Messungen der Abstände jener Nullpunkte von der durch die magnetische Achse des Bogens gehenden Vertikalebene hinzu, ohne jedoch für eine grosse Genauigkeit einstehen zu können, da die Messungsapparate eben nicht die vollkommensten waren.[13])

Durchmesser des bügelförmigen Drahtes 2,3 Lin.

Abstand der Achsen beider Schenkel von einander 2 Zoll 2 Lin.[14])

Länge des Bogens 27 Zoll.

Declination der Magnetnadel 4 Linien über der Achse des oberen Theiles des Bogens

2 Min. nach der Schliessung	69°
5 - - - -	62°
10 - - - -	59°
15 - - - -	58°
20 - - - -	57°
25 - - - -	$56^3/_4$°
30 - - - -	$56^1/_2$°.

Höhe der Magnetnadel über der Achse des oberen Theiles des Bogens *a* (Fig. 12)	Declination der Magnetnadel in der Vertikalebene, welche durch die Achse des Bogens geht	Abstand der Nullpunkte von der Vertikalebene durch die Achse des Bogens
4 Linien	$56^1/_2$°	0 Zoll $10^3/_4$ Linien
1 Zoll 4 -	45°	2 - 3 -
2 - 4 -	30°	3 - $6^1/_2$ -
3 - 4 -	20°	4 - 8 -
4 - 4 -	15°	5 - 9 -
5 - 4 -	10°	6 - 10 -
6 - 4 -	8°	7 - 10 -
7 - 4 -	$6^1/_2$°	8 - 6 -
8 - 4 -	5°	9 - 0 -
4 -	56°	

[**308**] 14. Gleichzeitig mit jenen Untersuchungen über das Gesetz der Vertheilung des Magnetismus in der galvanischen Kette wurden zugleich Versuche zur Erforschung der Bedingungen, von welchen die Zu- und Abnahme der magnetischen Spannung in der Kette abhänge, unternommen.

Die elektrische Spannung einer Voltaischen Säule wächst bekanntlich mit der zunehmenden Zahl der Lagen. Wird die magnetische Spannung mit der elektrischen im gleichen Grade wachsen?

Eine Säule von 80 Lagen 25 quadratzölliger Kupfer- und Zinkplatten mit Pappscheiben geschichtet, welche mit einer Auflösung von Küchensalz benetzt worden, gab folgende Resultate.

Das erste Plattenpaar allein geschlossen bewirkte eine stehende Declination von 11°, und so verhielten sich auch die übrigen Glieder der Säule, wenn sie einzeln geschlossen wurden.

2	Paar	gaben	gleichfalls	eine	Declination	von	11°
3	-	-	-	-	-	-	10°
6	-	-	-	-	-	-	10°
10	-	-	-	-	-	-	9°
15	-	-	-	-	-	-	8°
20	-	-	-	-	-	-	7°
25	-	-	-	-	-	-	5°
30	-	-	-	-	-	-	5°
40	-	-	-	-	-	-	4° und etwas darüber
52	-	-	-	-	-	-	4°
80	-	-	-	-	-	-	4° nicht völlig.

Eine Batterie von 130 Lagen Kupfer, Zink und Pappscheiben mit Salzwasser benetzt, von $1^3/_4$ Zoll Durchmesser, bewirkte eine Declination von kaum einem Grade, und es ging die Nadel sehr bald wieder auf 0° zurück. — Ein einzelnes Glied dieser Säule brachte eine momentane Abweichung von 5° hervor, und die Nadel nahm bei 2° eine feste Stellung an.

Eine trockene Säule von 800 Lagen, deren Scheiben 1 Zoll im Durchmesser hatten, zeigte bei der Schliessung auch nicht die mindeste Wirkung auf die Magnetnadel, obwohl die elektrische Spannung derselben stark genug war, um ein Goldblatt-Elektrometer sogleich zum Ausschlagen zu bringen.

In diesen Säulen findet bei der Schliessung eben sowohl eine ununterbrochene Erregung und Aufhebung der elektrischen Spannung statt, als in **[309]** einfachen galvanischen Ketten; da nun aber die magnetische Spannung dabei gänzlich fehlen kann, und da sie in anderen Fällen abnimmt, wenn die elektrische zunimmt, so kann die Aufhebung von $+E$ und $-E$ in einem metallischen Leiter nicht als die wesentlichste Bedingung der Erregung des Magnetismus in demselben angesehen werden.[15])

15. Es war nun zu untersuchen, welchen Einfluss die chemische Action der galvanischen Kette auf die magnetische Spannung derselben habe.

Ein kleiner silberner Tiegel wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, und derselbe mit einem bügelförmig umgebogenen Zinkstreifen verbunden. Die innerhalb desselben stehende Magnetnadel blieb bei der Schliessung in Ruhe. Als aber etwas Salzsäure hinzugetröpfelt wurde, erfolgte sogleich eine lebhafte Bewegung der Nadel und eine feststehende Declination von 20°.

Concentrirte Schwefelsäure wirkt bekanntlich nur sehr schwach auf den Zink. Wurde der vorige Tiegel mit dieser Säure gefüllt, so zeigte sich nach der Schliessung der Kette nur eine höchst schwache magnetische Spannung. Wurde etwas Wasser hinzugegossen, so erfolgte sogleich eine lebhafte Declination der Nadel, welche in dem Verhältnisse grösser wurde, wie die chemische Action zunahm.

Ein Platinatiegel wurde in einem grösseren Tiegel von Silber schwebend befestigt, der Raum zwischen beiden mit reiner Salzsäure von 1,089 spec. Gew. gefüllt, und die Kette mit einem Silberdraht geschlossen. Diese Säure wirkt auf keines der beiden Metalle; es zeigte sich aber auch nicht eine Spur von Wirkung auf die Magnetnadel innerhalb des schliessenden Bogens. Als zu dieser Säure etwas Salpetersäure hinzugegossen wurde, erfolgte sogleich eine zwar schwache, doch deutliche Declination der Nadel.

[310]

Wasser	Schwefelsäure	Erster ruhiger Stand der Declinationsnadel
336 Cubikzoll	Keine	5°
- -	1 Cubikzoll	53°
- -	2 -	63°
- -	3 -	70°
- -	4*) -	73°
- -	6 -	77°
- -	8 -	80°
- -	12 -	82½°
- -	16 -	84°
- -	20 -	85°
- -	28 -	85½°

Eine Zelle von Kupfer 1 Fuss lang, 1 Fuss hoch und 2½ Zoll breit, in welcher an einem bügelförmig gebogenen

*) Von hier an wurde so viel von der Flüssigkeit aus der Zelle genommen, als Säure hinzugegossen wurde.

Drahte eine 12 Zoll lange und 11 Zoll breite Zinkplatte hing (Fig. 15), wurde mit 336 Cubikzoll Wasser gefüllt, und nach und nach Schwefelsäure von 1,842 specifisches Gewicht hinzugegossen. Die Declination der Magnetnadel wuchs in dem Verhältnisse, als die Quantität der Säure zunahm, wie vorstehende Tabelle zeigt.

Da in diesem Versuche die Erhitzung der Flüssigkeiten bei ihrer Mischung viel zur Verstärkung der Wirkung beigetragen haben konnte, und da dennoch das Maximum der chemischen Wirkung nicht erreicht zu sein schien, auch noch zu untersuchen war, ob bei grösserem Säuregehalt die Abnahme der magnetischen Spannung mit der Abnahme der chemischen Wirkung gleichmässig erfolgen werde, so wurde späterhin noch folgender Versuch angestellt.

Eine Schwefelsäure, deren specifisches Gewicht 1,84 betrug, wurde in den in folgender Tabelle angegebenen Verhältnissen mit destillirtem Wasser gemischt, und nachdem alle diese Mischungen eine gleiche Temperatur erlangt hatten, von jeder derselben 5 Cubikzoll in einen Tiegel von Silber, welcher mit einem Zinkstreifen verbunden war, gefüllt, so dass also immer gleich grosse Flächen der Metalle sich in chemischer Action befanden. Die Declinationsnadel, $2^1/_3$ Zoll lang, stand innerhalb des schliessenden Bogens. [**311**]

Destillirtes Wasser	Schwefelsäure	Schwingungen der Nadel nach d. Schliessung	Erster ruhiger Stand der Nadel
20 Theile	1 Theil	30	40° Declination
10 -	1 -	29	45° -
5 -	1 -	28	48° -
2 -	1 -	28	50° -
1 -	1 -	20	Blieb erst bei 20° stehen, ging aber schnell auf 1° zurück
1 -	2 -	20	1° Declination
1 -	5 -	16	1° -
1 -	10 -	16	1° -
1 -	20 -	16	1° nicht völlig
Keine	Reine Schwefelsäure	16	$^1/_2$° -
Destillirtes Wasser	Keine	0	0° -

Die chemische Action war entschieden am stärksten bei der Mischung von zwei Theilen Wasser mit einem Theil

Schwefelsäure, doch auch die Abweichung der Magnetnadel war hier am grössten. In allen den Mischungen, wo die Schwefelsäure überwiegend war, wurde die chemische Wirkung viel schwächer gefunden als in denen, wo das Wasser überwiegend war.

Aus diesen Versuchen geht also hervor, dass die magnetische Spannung einer galvanischen Kette proportional ist der chemischen Wirkung derselben, und es wird also die Magnetnadel zur Bestimmung der Energie des chemischen Prozesses in der galvanischen Kette angewendet werden können.[16]) Je schwächer die Spannung,[17]) desto kleiner sind auch die Bögen, welche die Nadel nach der Schliessung durchläuft, daher die geringere Zahl der Schwingungen bis zum Ruhestande der Nadel in den letzten Versuchen.

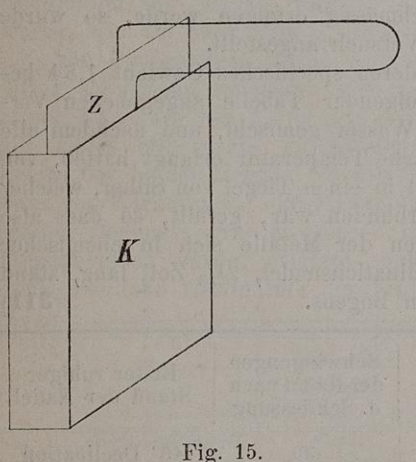


Fig. 15.

16. Doch nicht bloss die Natur des feuchten Leiters und dessen chemisches Verhältniss zu den Leitern erster Klasse bestimmt den Grad der magnetischen Spannung der galvanischen Ketten; auch die Länge jenes Leiters hat einen bedeutenden Einfluss. Der Magnetismus im schliessenden [312] Bogen ist um so stärker, je näher die Platten einander stehen, und sie nimmt schnell und oft sehr beträchtlich ab, wenn die in der Flüssigkeit befindlichen Platten weit von einander entfernt werden. Die grössere Masse des flüssigen Leiters scheint die Hauptursache der Abnahme des Magnetismus bei zunehmender Zahl der Lagen in der Voltaischen Säule zu sein.[18])

17. Je grösser die Oberflächen der Metalle, welche der chemischen Wirkung ausgesetzt sind, desto stärker ist auch die magnetische Spannung im schliessenden Bogen. Z. B. die Declination in einer Kette von Kupfer und Zink mit Salzwasser,

jede Fläche der Metalle $2^{1}/_{4}$ Quadratzoll gross betrug 2°,
- - - - 25 - - - 11°,
- - - - $4^{1}/_{2}$ Quadratfuss - - 37°.

In einer Kette von Kupfer und Zink, deren Pappscheibe mit einer Mischung von Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure benetzt worden, betrug die Abweichung der Nadel 88°, als $4^{1}/_{2}$ Quadratfuss jedes der beiden Metalle sich in chemischer Action befanden.

Wurde diese Kette mit einem vierkantigen Kupferstabe von $4^{1}/_{2}$ Linie Dicke geschlossen, und mit zwei 5 Zoll langen und $4^{1}/_{2}$ Linie breiten, mit kleinen Stollen versehenen Schienen von Eisen armirt, so trug dieser Stab mittelst eines an den Stollen haftenden Ankers von weichem Eisen $5^{1}/_{2}$ Drachme.

Betrug die Fläche jedes der beiden Metalle $31^{1}/_{2}$ Quadratfuss, und wurde die vorige Flüssigkeit angewendet, so trug dieser Stab mittelst derselben Armatur 2 Pfund und $2^{1}/_{2}$ Unze. Bei Vergrösserung der einfachen Kette bis zu Flächen von 200 Quadratfuss fand ich die magnetische Spannung stets wachsend, und immer der Grösse der Flächen und der Energie der chemischen Wirkung proportional.[19)]

18. Durch die Wirkung der Säuren auf die Metalle wird die Temperatur des Apparates erhöht; die Wärme in dem schliessenden Stabe steigt aber viel höher, als die in den Platten, sie nimmt jedoch allmählich wieder ab, wenn die Kette einige Zeit geschlossen bleibt. In einem Versuch über den Unterschied der Temperatur an den beiden elektrischen Polen der Kette, wo die Leitung von diesen in zwei mit Quecksilber gefüllte Schalen ging, in welchen Thermometer hingen, fand ich, als die Kette durch einen in beide Schalen reichenden Kupferstab geschlossen wurde, die Temperatur an der Zinkseite höher als an der Kupferseite, ohne Zweifel eine Folge der stärkeren Wirkung der Säuren auf den Zink. Zugleich bemerkte [313] ich, dass die Magnetnadel so lange unverändert denselben Stand behielt, als die Temperatur an den Polen dieselbe blieb. Wie aber die Declination der Nadel abzunehmen begann, so fingen auch bald nachher die Thermometer an zu sinken.

19. Der Magnetismus der galvanischen Kette ist in der Regel im ersten Moment der Schliessung am stärksten, die Abweichung der Magnetnadel die grösste. Nachdem die Nadel einen festen Stand angenommen, erhält sie sich auf demselben

eine längere oder kürzere Zeit, die Declination nimmt dann stetig ab, und wird endlich Null. Nicht bloss die Natur der Metalle und des feuchten Leiters, auch die Construction der galvanischen Kette hat Einfluss auf die Dauer der magnetischen Spannung derselben.

Trogapparate und Zellenapparate stehen in dieser Beziehung den mit Pappscheiben verbundenen Ketten sehr nach, wie folgender Versuch zeigt.

A) eine Zelle von Kupfer (Fig. 15), 12 Zoll lang und hoch, und $2^3/_4$ Zoll breit, verbunden mit einer Zinkplatte von 12 Zoll Länge und 11 Zoll Breite, welche mit Salzwasser so weit gefüllt war, dass sich nur eine Fläche von $115^1/_2$ Quadratzoll Zink in chemischer Action befand.

B) Ein Paar Kupfer- und Zinkplatten, von 12 Zoll Länge und Breite, zwischen denselben eine mit Salzwasser benetzte Pappscheibe, jede Fläche derselben $115^1/_2$ Quadratfuss gross. Die Declinationsnadeln in beiden Ketten von gleicher Grösse, innerhalb der schliessenden Bogen stehend.

Zeit	Declination in A	Declination in B
Beim Schliessen der Kette .	16°	15°
Nach $^1/_4$ Stunde.	12°	12°
- $^1/_2$ -	11°	12°
- $^3/_4$ -	9°	12°
- 1 -	6°	11°
- $1^1/_4$ -	$5^1/_2$°	11°
- $1^1/_2$ -	5°	11°
- 2 -	5°	11°
- $2^1/_2$ -	4°	11°
- $3^1/_4$ -	$2^1/_2$°	11°
- $3^3/_4$ -	2°	11°
[314] - 4 -	$1^3/_4$°	11°
- $6^1/_4$ -	$1^3/_4$°	11°
Die Flüssigkeit in der Zelle frisch umgerührt, ging die Nadel sogleich auf . . .	$6^1/_2$°	11°
Nach $^1/_4$ Stunde.	$2^1/_2$°	11°
- 1 -	$2^1/_2$°	11°
- 2 Stunden.	$2^1/_2$°	11°
- 5 -	$2^1/_2$°	11°
- 14 -	$1^1/_2$°	11°
- 21 -	$^1/_2$°	11°
- 20 -	0°	11°

Die Zinkplatte von *B* wurde behutsam aufgehoben, um zu untersuchen, ob die Magnetnadel auch noch genau im magnetischen Meridian stehe. — Sie stellte sich vollkommen auf 0°.

Die Kette wurde wieder geschlossen und die Declination war nun . . . . 12°
Ein etwas vermehrter Druck brachte sie auf . . . 14°
12 Stunden später, also nach 41 Stunden seit Errichtung der Kette, stand sie noch auf . . . . 14°
Den 3. Tag Morgens stand sie noch auf . . . . . 12°
- 4. - - - - - - . . . . . 11°
- 5. - - - - - - . . . . . 10°
- 6. - - - - - - . . . . . 9°
- 7. - - - - - - . . . . . 9°
- 8. - - - - - - . . . . . 9°

Die kürzere Dauer der magnetischen Spannung in den Zellenapparaten möchte vorzüglich dem in denselben leichter stattfindenden Uebergange des Zinkoxydes zum Kupfer, als in den mit Pappscheiben construirten Ketten zuzuschreiben sein; wie denn jede Wirkung der galvanischen Kette in dem Verhältnisse abnehmen muss, als die Kupferfläche sich mit einer dichteren auf ihr reducirenden Zinklage bekleidet. Ob noch andere Veränderungen [**315**] im Zustande des Apparates die Abnahme beschleunigen, müssen fortgesetzte Untersuchungen aufklären.[20)]

20. In den Zellenapparaten steht der Zink in der Flüssigkeit zwischen zwei Kupferflächen, es befinden sich also vier Flächen der Metalle in chemischer Action. Dieselbe Einrichtung kann auch den mit Pappscheiben geschichteten Ketten gegeben werden, wodurch wenigstens eine Zinkplatte erspart würde. Solcher Glieder könnte man mehrere unmittelbar auf einander legen, und würde dadurch, wenn man alle Kupferplatten mit einander verbände und eben so alle Zinkplatten, eine einfache Kette von grosser Oberfläche erhalten, welche einen verhältnissmässig nur geringen Raum einnähme. An jedem Gliede dieser Ketten verlöre man jedoch, wie an den Zellenapparaten, zwei Kupferflächen; sie ständen also immer noch den Trogapparaten nach, wo alle Flächen der Metalle in chemische Action kommen. Jenem Mangel könnte in den mit Pappscheiben construirten Ketten leicht abgeholfen werden,

wenn einfache Kupfer- und Zinkplatten so über einander geschichtet würden, dass zwischen jeder Kupfer- und Zinkfläche eine benetzte Pappscheibe läge, alle Kupferplatten auf der einen Seite und alle Zinkplatten auf der anderen Seite mit einander verbunden würden, wodurch also jede Zinkplatte zwischen zwei Kupferplatten und jede Kupferplatte zwischen zwei Zinkplatten zu liegen kämen. Diese einfachen Ketten würden vor den Trog- und Zellenapparaten den Vorzug einer gleichförmigern und länger dauernden Wirkung haben.

Da Herr Schweigger bei seinen interessanten Combinationsversuchen*) gefunden hatte, dass eine Zinkplatte zwischen zwei Kupferplatten in dem Voltaischen Becherapparate sehr stark wirke, dagegen eine Kupferplatte zwischen zwei Zinkplatten nur sehr schwach, so war es nöthig zu untersuchen, wie sich die magnetische Spannung in diesen beiden Arten von Apparaten verhalten werde.

In Versuchen mit Zellen von Kupfer worin eine Zinkplatte hing, und mit Zellen von Zink, verbunden mit einer Kupferplatte, fand ich die magnetische Spannung in der letzteren immer schneller abnehmend als in der ersteren, welche Flüssigkeit auch angewendet wurde. — Gleichförmig in der Abnahme verhielten sich dagegen ähnliche mit Pappscheiben zusammengesetzte Ketten.

[316] A. eine Zinkplatte zwischen zwei mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure benetzte Pappscheiben, von beiden Seiten umgeben mit einem Kupferblech (Fig. 16). Eine Fläche

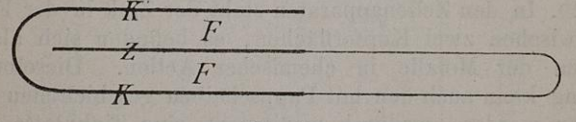


Fig. 16.

von ungefähr 50 Quadratzoll jedes der beiden Metalle in chemischer Action.

B. Eine Kupferplatte zwischen zwei mit der vorher genannten Flüssigkeit befeuchteten Pappscheiben, von beiden Seiten umgeben mit einem Zinkstreifen.

---

*) Gehlen's Journal für Chemie und Physik. 1808. Bd. VII. S. 240 u. f.

Zeit	Declination in A	Declination in B
Beim Schliessen	30°	36°
Nach 5 Minuten	20°	25°
- 10 -	15°	16°
- 15 -	12°	12°
- 20 -	10°	10°
- 30 -	8°	8°
- 35 -	7°	7°
- 45 -	5°	5°
- 1 Stunde	3°	3°
- 1½ -	2°	2°
- 2 Stunden	2°	2°

Zur bestimmteren Entscheidung über die Anwendbarkeit der oben empfohlenen säulenförmigen einfachen Ketten wurde noch ein vergleichender Versuch mit einer solchen Säule und mit einer auf die gewöhnliche Weise construirten angestellt.

Die Säule *A* bestand aus 4 Kupfer- und 4 Zinkplatten von 5 Zoll Seite, welche in der Ordnung Kupfer, Pappe, Zink, Pappe, Kupfer . . . . Pappe, Zink über einander geschichtet waren. Von jedem der beiden Metalle befand sich eine Fläche von 141 Quadratzoll (nämlich 7 Kupfer- und 7 Zinkflächen) der Wirkung einer Mischung von Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure ausgesetzt. Die Kupferplatten waren auf der einen Seite, und die Zinkplatten auf der anderen Seite mit einander verbunden.

Die Säule *B* bestand aus 7 einfachen Gliedern, Kupfer, feuchter Pappe und Zink, doch lag zwischen je zwei Gliedern eine isolirende trockene Pappscheibe. Alle Zinkplatten waren gleichfalls auf der einen, und alle [**317**] Kupferplatten auf der anderen Seite mit einander verbunden, und auch hier befand sich von jedem der beiden Metalle eine 141 Quadratzoll grosse Fläche in chemischer Action.

Zu allen Untersuchungen, welche Apparate erfordern, die längere Zeit eine gleichförmige magnetische Spannung behalten, verdienen also die mit Pappscheiben zusammengesetzten Säulen, und vorzüglich die erste der eben beschriebenen, vor den Zellen- und Trogapparaten den Vorzug. Die Spannung ist am gleichförmigsten und nimmt am langsamsten ab, wenn der feuchte Leiter bloss aus einer gesättigten Auflösung von Kochsalz besteht. Sie ist dann zwar nur schwach, doch kann

das, was an derselben durch verminderte chemische Action verloren geht, durch Vergrösserung der Oberfläche wieder gewonnen werden.

Zeit	Declination in A	Declination in B
Beim Schliessen	60°	60°
Nach $^1/_4$ Stunde	46°	50°
- $^3/_4$ -	43°	45°
- $1^1/_2$ -	39°	40°
- 2 Stunden	35°	36°
- 3 -	30°	30°
- 10 -	15°	11°
- 22 -	9°	7°
- 30 -	8°	6°

Je grösser die Oberfläche der Kette, desto dauernder ist die Wirkung. Eine der Königl. Akademie gehörende Batterie von 25 Kupfer- und 25 Zinkplatten, jede derselben 32 Zoll lang und 24 Zoll breit mit Pappscheiben von $30^1/_2$ Zoll Länge und $21^1/_4$ Zoll Breite, welche mit einer Mischung von Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure benetzt waren, auf die im letzten Versuche unter A angegebene Art verbunden, gab noch nach 20 Tagen Funken beim Schliessen, und nach 1 Monat noch eine stehende Declination von 60°.

Bei diesen Batterien ist vorzüglich darauf zu sehen, dass die Metalle an den Punkten, wo sie mit anderen in Berührung kommen, ganz blank [318] sind, und dass sie hier leicht gereinigt werden können, wenn sie sich mit Oxyd überzogen haben sollten, da dieses die Wirkung ausserordentlich schwächt, so wie auch darauf, dass der Druck auf die untersten Platten nicht zu gross werde, damit die Pappscheiben nicht zu viel Flüssigkeit verlieren. — Die eben erwähnte Säule ist folgendermaassen zusammengesetzt. In einem Gestell mit 5 Fächern liegen in jedem Fach 5 Kupfer- und 5 Zinkplatten mit 9 Pappscheiben auf die angegebene Weise verbunden, übereinander. An einer Seite der Kupferplatten sind $3^1/_2$ Zoll lange und $1^3/_4$ Zoll breite Streifen von Kupfer, und an den Zinkplatten eben so grosse Zinkstreifen angelöthet, welche an den Enden rechtwinklig umgebogen sind. An diesen über das Gestell hervorragenden Zungen sind zwei 41 Zoll lange und $1^3/_4$ Zoll breite Schienen von Kupfer mit 50 kleinen Schraubenzwingen befestigt, welche die Kupferplatten auf der einen

Seite und die Zinkplatten auf der entgegengesetzten Seite mit einander verbinden. Die Platten in jedem einzelnen Fache werden durch gegen einander getriebene Keile mässig zusammengedrückt. — Bei der ersten Schliessung dieser Kette wurden die Pole einer Magnetnadel, welche über 2 Zoll von dem schliessenden Stabe entfernt war, gänzlich und bleibend umgekehrt, und es betrug die Abweichung einer $8\,{}^{7}/_{16}$ Zoll langen Magnetnadel in einem Abstande von 10 Fuss noch 4°. Mehrere andere mit diesem Apparate angestellte Versuche sind bereits oben angeführt worden, einige andere werden noch weiter unten vorkommen.

21. Die magnetische Spannung in einem Metallstabe ist dann am grössten, wenn er die galvanische Kette allein schliesst; sie nimmt ab, wenn die Kette an mehreren Punkten zugleich geschlossen wird.[21]) — Die Declination einer Magnetnadel unter *a b* (Fig. 11) betrug bei einfacher Schliessung $13\,{}^{1}/_{2}{}^{\circ}$. Wurde die Kette zugleich in *e f* geschlossen, so ging die Nadel unter *a b* sogleich auf $6\,{}^{1}/_{2}{}^{\circ}$ zurück, und als noch ein dritter Stab *g h* hinzugefügt wurde, so betrug sie unter *a b*, und eben so auch unter den anderen beiden Stäben nur noch $3\,{}^{1}/_{2}{}^{\circ}$.

1) Wird eine galvanische Kette (Fig. 17) an den beiden entgegengesetzten Seiten mit zwei bügelförmig gebogenen Drähten *A* und *B* von gleicher Länge und Dicke zugleich geschlossen, so ist die Declination der Magnetnadel innerhalb der beiden Bügel dem Grade nach gleich, und die magnetische Spannung ist in jedem derselben halb so gross, als wenn *A* und *B* die Kette einzeln schlössen.

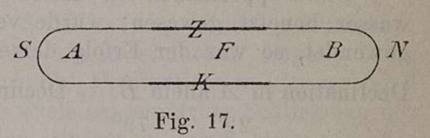


Fig. 17.

[**319**] 2) Sind *A* und *B* (Fig. 17) von ungleicher Länge, so ist bei einfacher Schliessung die Declination in jedem der beiden Bogen gleich gross; bei doppelter Schliessung ist sie aber in dem längeren Bogen kleiner als in dem kürzeren.

Bei einem Versuch, wo der Draht *A* 9 Zoll lang war, und *B* 61 Zoll, betrug die Declination innerhalb der Bogen, wenn *A* allein geschlossen wurde, 9° westlich, *B* allein geschlossen, 9° östlich.

Beide Drähte zugleich die Kette schliessend war die Declination in *A* 7° westlich, in *B* nur 2° östlich.

Wurde A an die Nordseite und B an die Südseite der Platten verlegt, so war bei doppelter Schliessung die Declination in A nur 2° westlich und in B 7° östlich.

Die Länge der beiden Magnetnadeln war gleich und betrug $2^1/_3$ Zoll und auch der Abstand derselben von den beiden Schenkeln des sie umschliessenden Bogens war überall gleich gross. Jede Seite der in diesen und den folgenden Versuchen angewandten Kupfer- und Zinkplatten war 5 Zoll lang, und jede Seite der Pappscheiben $4^3/_4$ Zoll.

3) Wurde an die Stelle des Drahtes B ein Schweiggerscher Multiplicator gesetzt, eine Spirale*) von 40 Fuss Länge und $2^1/_2$ Linie Breite, und in A ein einfacher Metallstreifen von $1^1/_2$ Fuss Länge und $2^1/_2$ Linie Breite, so zeigte sich bei doppelter Schliessung der Kette nicht nur eine beträchtliche Schwächung der Wirkung der Spirale, sondern es blieb sogar die Declination in dem einfachen Bogen unverändert dieselbe, wie bei der einfachen Schliessung.[22]

	A allein geschlossen	B	A zugleich mit	B geschl.
α)	9° westlich	53° östlich	9° westlich	12° östlich
β)	5° -	40° -	5° -	3° -
γ)	4° -	32° -	4° -	1° -

Die Pappscheiben in diesem Versuch waren mit Salzwasser benetzt gewesen; wurde verdünnte Schwefelsäure angewendet, so war der Erfolg derselbe.

Declination in A allein	B	Declination in A zugleich mit	B
22°	79°	22°	19°

[320] 4) A, ein einfacher Bogen von Messingdraht $1^1/_2$ Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie dick. B eine Spirale von 1080 Fuss Länge und $^1/_{10}$ Linie Dicke. Die Pappscheibe mit Brunnenwasser benetzt.

A allein	B	A zugleich mit	B
2°	52°	2°	0°.

5) A und B wie im vorigen Versuch, die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure befeuchtet.

*) Die einzelnen Lagen dieser Spirale, wie aller übrigen weiter unten angeführten waren durch Seide von einander getrennt.

	A allein	B	A zugleich	mit B
α)	26°	59°	26°	27°
β)	22°	59°	22°	24°
γ)	8°	59°	8°	7°
δ)	7°	58°	7°	5°.

6) A, ein einfacher Bogen von $1^1/_2$ Fuss Länge und 4 Linien Breite, B, eine Spirale von 120 Fuss Länge und 4 Linien Breite. Die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

	A allein	B	A zugleich	mit B
α)	20°	85°	20°	30°
β)	10°	80°	10°	23°.

7) A, ein einfacher Bogen $1^1/_2$ Fuss lang $2^1/_4$ Linie breit. B, eine Spirale $69^1/_2$ Zoll lang $2^1/_4$ Linie breit aus 6 Lagen bestehend. Die Pappe mit Salzwasser benetzt.

A allein	B	A zugleich	mit B
5°	21°	3°	6°.

Die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

20°	45°	3°	22°.

Also bei doppelter Schliessung einer galvanischen Kette mit einer Spirale und einem einfachen Bogen, beide von gleicher Breite, nimmt die Declination in der ersteren jederzeit ab, wie gross sie auch bei einfacher Schliessung der Kette sein mag. — In dem einfachen Bogen bleibt sie aber bei doppelter Schliessung eben so gross wie bei einfacher Schliessung, wenn die Spirale eine beträchtliche Länge hat, und nur in dem Verhältnisse als die Spirale kürzer gemacht wird, tritt auch im einfachen Bogen eine Abnahme der Declination ein. — Der Magnetismus in der Spirale ist bloss dadurch erhöht, dass alle Theile derselben in gleichem Sinne wirken; die magnetische Spannung scheint aber in dem längeren Metallbogen schwächer zu sein als in dem kürzeren.[23])

[321] Vergleichende Versuche mit einfachen Bogen von gleichen Längen und ungleichen Breiten.

8) A, ein Messingstreifen $1^1/_2$ Fuss lang und 4 Linien breit. B, ein Messingdraht $1^1/_2$ Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie dick. Die Pappscheibe mit Salzwasser benetzt.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
25°	17°	25°	$^1/_2$°
19°	15°	19°	$^1/_4$°
15°	12°	15°	0°
12°	10°	12°	0°

9) *A* und *B* wie vorhin, die Pappe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
52°	25°	52°	5°
40°	23°	40°	3°

10) *A*, ein Streifen $1^1/_2$ Fuss lang, 4 Linien breit. *B*, ein Streifen $1^1/_2$ Fuss lang, 1 Linie breit.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
40°	37°	32°	23°
23°	22°	16°	10°
22°	21°	15°	$8^1/_2$°

11) *A*, ein Streifen $1^1/_2$ Fuss lang, 1 Zoll breit. *B*, ein Streifen $1^1/_2$ Fuss lang, $2^1/_4$ Linie breit. Die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
63°	50°	61°	31°
43°	36°	37°	17°
35°	31°	32°	12°

Bei einfacher Schliessung der galvanischen Kette mit Metallstreifen von ungleichen Breiten ist also die Declination in dem breiteren Bogen grösser als in dem schmäleren, wenigstens findet bis zu 1 Zoll Breite des Bogens eine Zunahme der Wirkung statt. Bei schwacher chemischer Action der Kette finden wir nun einen geringen Unterschied zwischen der Declination innerhalb eines dünnen Bogens, und eines 40 Mal breiteren; aber beträchtlich ist derselbe bei starker chemischer Wirkung der Kette. **[322]** Die dünnen Drähte sind also keines so hohen Grades der magnetischen Spannung fähig, als die breiteren Metallstreifen.

Bei doppelter Schliessung der Kette bleibt, wie schon hiernach zu erwarten war, die Declination in dem breiteren Bogen immer grösser, als in dem schmäleren, und sie nimmt in dem ersteren um so weniger ab, je dünner der zweite schliessende Bogen ist.

Vergleichende Versuche mit einfachen Bogen und Spiralen von ungleichen Breiten.

12) *A*, ein einfacher Bogen $1^1/_2$ Fuss lang und 4 Linien breit. *B*, eine Spirale 120 Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie breit.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
15°	47°	15°	0°

13) *A*, der vorige einfache Bogen. *B*, eine Spirale 1080 Fuss lang, $^1/_{10}$ Linie dick.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
14°	50°	14°	0°

Diese Resultate waren schon nach dem vierten und fünften Versuch zu erwarten.

Aber auch, wenn der einfache Bogen schmäler ist als die Spirale, so bleibt, bei beträchtlicher Differenz in der Länge beider, die Declination in jenem bei doppelter Schliessung unverändert, wie folgende Versuche zeigen.

14) *A*, ein einfacher Bogen $1^1/_2$ Fuss lang, 1 Linie dick. *B*, eine Spirale 120 Fuss lang, 4 Linien breit. Die Pappscheibe mit Salzwasser benetzt.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
7°	71°	7°	11°
6°	60°	6°	7°

15) *A* und *B* wie vorhin; die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
20°	83°	20°	40°
13°	79°	13°	34°
		9°	30°
		7°	22°
5°	67°	5°	15°
		4°	$12^1/_2$°
3°	59°	3°	7°

[**323**] Vergleichende Versuche mit Spiralen.

a) Beide von gleicher Breite aber ungleicher Länge.

16) *A*, eine Spirale 120 Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie dick. *B*, eine Spirale 1080 Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie dick. Die Pappe mit Brunnenwasser befeuchtet.

	A allein	B		A zugleich mit	B
				38°	34°
				35°	32°
α)	35°	50°	α)	34°	30°
	geht allmählich auf 52°				
β)	34°	49°	β)	33°	29°
	33° geht langsam auf 52°			hält sich lange Zeit so,	
γ)	26°	47°	γ)	27°	23°
		49°		25°	21°
		50°			

Die Nadeln halten sich über $^1/_4$ Stunde in den letzt angegebenen Stellungen.

17) *A* und *B* wie vorhin, die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure benetzt.

A allein	B	A zugleich mit	B
$62^1/_2$°	59°	$62^1/_2$°	59°
behält diesen Stand über 10 Min.			
62°	$58^1/_2$°	62°	58°
		hält sich längere Zeit so,	
60°	$57^1/_2$°	60°	67°
	58°		
55°	$57^1/_2$°	55°	51°
50°	56°	50°	45°
	57°		
48°	$46^1/_2$°	48°	43°
	geht langsam auf 57°	behält über $^1/_4$ Stunde diesen Stand.	

[**324**] In der längeren Spirale konnte bei einfacher Schliessung der Kette ein stärkerer Magnetismus erwartet werden als in der kürzeren; wir finden in jener aber nur dann eine grössere Declination, wenn die chemische Wirkung der Kette schwach ist; bei starker chemischer Wirkung derselben ist die Declination dagegen in der kürzeren Spirale *A* grösser als in der 9 Mal längeren *B*. Hieraus ergiebt sich noch bestimmter als aus dem vierten, fünften und sechsten Versuch, dass schliessende Bogen von beträchtlicher Länge keinen so hohen Grad der magnetischen Spannung zu erreichen im Stande sind, als die kürzeren Bogen, und dass

also in Spiralen von gleichen Durchmessern die magnetische Spannung im umgekehrten Verhältnisse der Längen derselben steht. Die Verstärkung der Wirkung durch die vermehrte Zahl der in gleichem Sinne wirkenden Lagen in der Spirale hat also ihre Grenze, sie erreicht bei einer bestimmten Zahl derselben ein Maximum, und nimmt bei weiterer Vermehrung der Lagen wieder ab.[24])

Die bei doppelter Schliessung der Kette stets geringer gefundene Declination in der längeren Spirale in Vergleichung mit der in der kürzeren ist gleichfalls als eine Folge der schwächeren magnetischen Spannung des längeren Leiters anzusehen.

Im 17. Versuch finden wir anfänglich die Declination bei einfacher Schliessung in beiden Spiralen nicht grösser als bei der doppelten Schliessung. Aus dieser Erfahrung konnte geschlossen werden, dass beide Spiralen bei der doppelten Schliessung der Kette das Maximum der magnetischen Spannung, deren sie fähig waren, bereits erreicht hätten, und dass sie daher bei einfacher Schliessung zu keiner höheren Spannung gelangen könnten, wie stark auch die Erregung in der galvanischen Kette sein möchte. — Wäre diese Erklärung richtig, so würden beide Spiralen, verbunden mit galvanischen Ketten von grösseren Oberflächen und dadurch erhöhter Action, die Declination der Magnetnadel nicht höher treiben können, als in der Verbindung mit der im 17. Versuch angewandten Kette, wo sich Flächen von $22\frac{1}{2}$ Quadratzoll von jedem der beiden Metalle in chemischer Action befanden. Ein Versuch mit einem Plattenpaar von einem Quadratfuss Fläche und einer Pappscheibe benetzt mit einer Mischung von Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure bestätigte dies; die Declination in der Spirale A betrug bei einfacher Schliessung dieser Kette gleichfalls nur $62\frac{1}{2}$ und in B nur $59°$, wie bei der doppelten Schliessung im [**325**] 17. Versuch. Diese Erfahrungen bestätigen also gleichfalls den oben aufgestellten Satz und zugleich geht aus denselben hervor, dass in Spiralen von geringem Durchmesser die durch die Verlängerung des Leiters bewirkte Schwächung sehr bald die durch die spiralförmige Schichtung zu erreichende Verstärkung überwiegt.

Die in dem 16. und 17. Versuch in der längeren Spirale bei der einfachen Schliessung der Kette bemerkte langsame Zunahme der Declination, nachdem die Magnetnadel bereits zur Ruhe gekommen war, könnte vielleicht aus der lang-

samern Ausbreitung der Wärme in dem langen und dünnen Drahte erklärt werden. Denn wenn in dem 18. § die magnetische Spannung in dem verbindenden Leiter abnehmend gefunden wurde, wie die Temperatur des Leiters sank, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie umgekehrt wachsen werde, wie die Temperatur des Leiters zunimmt*).

Diese Versuche wurden mehrmals wiederholt, und hatten immer denselben Erfolg. Die Spiralen bestanden aus einem Stück und alle Theile derselben waren vollkommen isolirt.

b) Versuche mit Spiralen von gleichen Längen, aber von ungleichen Breiten.

18) *A*, eine Spirale 120 Fuss lang und 4 Linien breit. *B*, eine Spirale 120 Fuss lang und $^1/_{10}$ Linie dick. Die Pappscheibe mit Brunnenwasser benetzt.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
40°	41°	40°	2°
33°	35°	33°	1°
19°	21°	19°	0°

19) Die vorigen beiden Spiralen, die Pappe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

[**326**]

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
88°	62°	88°	25°
85°	56°	85°	19°
82°	55°	82°	15°
79°	53°	79°	12°
74°	49°	74°	8°

20) Die vorigen beiden Spiralen, dieselben Platten mit einer frischbenetzten Pappscheibe.

Declination ausserhalb der Spiralen.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
75°	23°	75°	8°
		hält sich lange so,	

---

*) Doch nicht jede Erhöhung der Temperatur des die galvanische Kette schliessenden Leiters bewirkt eine erhöhte magnetische Spannung in demselben. Unter Metallstäben, welche glühend auf die an einer einfachen Kette befestigten Träger gelegt wurden, war die Abweichung der Magnetnadel nicht grösser, — aber auch nicht kleiner, — als wenn die Stäbe kalt waren. Anders möchte jedoch der Erfolg gewesen sein, wenn die glühenden Stäbe die Metallplatten unmittelbar berührt hätten, wie aus der folgenden Abhandlung deutlicher hervorgehen wird.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
70°	20°	70°	6°
52°	18°	52°	3°
35°	16°	35°	2°

Declination innerhalb der Spiralen.

60°	34°	60°	4°
wächst langsam bis auf 43°.			

Auch hier finden wir, wie in dem achten, neunten und zehnten Versuch mit einfachen Bogen von ungleichen Breiten, die Declination in dem breiteren spiralförmigen Metallstreifen grösser als in dem dünnen Drahte, nicht nur bei doppelter, sondern auch bei einfacher Schliessung der Kette. — Die etwas grössere Declination in der dünneren Spirale bei einfacher Schliessung im 18. Versuch wurde dadurch veranlasst, dass die Spirale *B* kürzer gewunden war und daher auch eine grössere Zahl von Lagen hatte als *A*. Bei schwacher chemischer Action und einfacher Schliessung der Kette konnte wohl noch durch die Gesammtwirkung der Lagen in *B* eine grössere Declination als in *A* erfolgen; bei doppelter Schliessung der Kette zeigt sich aber schon, dass die magnetische Spannung dieser Spirale grösser ist als in jener. Und aus dem 19. und 20. Versuch geht entschieden hervor, dass Metallstreifen von 4 Linien Breite eine beträchtlich höhere magnetische Spannung anzunehmen fähig sind, als eben so lange Drähte von $^1/_{10}$ Linie Durchmesser. Zu bemerken ist noch, dass die Declination in den breiteren Spiralen bei ununterbrochener Schliessung der Kette schneller abnimmt, als in der dünneren Spirale. Ueberhaupt, je stärker die magnetische Spannung in den galvanischen Ketten, desto kürzer ist die Dauer [327] derselben, und je schwächer, desto länger erhält sie sich in gleicher Stärke.

c) Spiralen von ungleichen Längen und Breiten.

α) Die breitere Spirale ist zugleich die längere.

21) *A*, eine Spirale von 120 Fuss Länge und 4 Linien Breite. *B*, eine Spirale von $69^1/_2$ Zoll Länge und $2^1/_2$ Linie Breite. Die Pappe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
81°	36°	39°	31°
77°	31°	35°	39°.

Dieser Versuch ist dem 15. Versuch ähnlich, doch weichen die Resultate in beiden darin von einander ab, dass hier die Declination in der schmäleren Spirale *B* bei doppelter Schliessung der Kette gleichfalls abnimmt, wie in der Spirale *A*, da sie in dem 15. Versuche im schmalen einfachen Bogen ganz dieselbe bleibt, wie bei der einfachen Schliessung, woraus abermals hervorgeht, dass die magnetische Spannung in dem kürzeren Bogen immer grösser ist als in dem längeren.

Im 21. Versuch ist die Declination bei doppelter Schliessung der Kette in der längeren und breiteren Spirale grösser als in der kürzeren. Aus der beträchtlichen Abnahme der Declination in *A* lässt sich leicht vorhersehen, dass der Erfolg entgegengesetzt sein würde, wenn *A* verlängert würde, während *B* unverändert bliebe.

β) Die breitere Spirale ist die kürzere.

22) *A*, eine Spirale von 40 Fuss Länge und $2^1/_2$ Linie Breite. *B*, eine Spirale von 120 Fuss Länge und $^1/_{10}$ Linie Breite. Die Pappe mit Brunnenwasser benetzt.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
28°	40°	28°	0°.

23) Die vorigen beiden Spiralen; die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
72°	56°	72°	0°.

Auch diese Versuche bestätigen die vorhergehenden Erfahrungen. Die magnetische Spannung nimmt bei verstärkter chemischer Action in der dünneren Spirale nicht in dem Verhältnisse zu, als in der breiteren, daher ihre schwächere Wirkung im 23. Versuch in beiden Fällen. Im 22. [328] Versuch, wo die magnetische Spannung in beiden Spiralen nur schwach war, konnte dagegen durch die grössere Zahl der Lagen von *B* noch eine stärkere Declination bei einfacher Schliessung der Kette bewirkt werden, doch nicht mehr bei doppelter Schliessung.

Die grösste Breite der bisher angewandten Spiralen hatte 4 Linien, die der einfachen Bogen 1 Zoll betragen, und in diesen hatten wir die magnetische Spannung im Verhältniss der zunehmenden Breite wachsend gefunden. Wie sich Spiralen von grösserer Breite verhalten, zeigt folgender Versuch.

24) *A*, eine Spirale 38 Fuss lang und 3 Zoll breit. *B*, eine Spirale 120 Fuss lang und 4 Linien breit, schliessend eine Kette von Kupfer und Zink, jede Fläche derselben 1 Quadratfuss gross, die Pappscheibe mit Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure benetzt.

Declination der Magnetnadeln aussen auf den Spiralen.

A allein	*B*	*A* zugleich	mit *B*
80°	84°	80°	79°
73°	81°	72°	69°
65°	78°	62°	58°
64°	77°	60°	56½°
60°	74½°	56°	52½°
55°	72°	49°	47½°
51°	69°	46°	45°
46°	65°	42°	41°
35½°	59°	32°	34°
32½°	56°	29½°	32°
30°	55°	26½°	29°

Wir finden auch hier, wie im 22. und 23. Versuch, die magnetische Spannung in der breiteren und kürzeren Spirale *A* grösser als in der längeren und schmäleren *B*, doch nur so lange, als die chemische Wirkung der Kette noch stark ist. Wie dieselbe aber abnimmt, so nimmt auch die magnetische Spannung in *A* ab, daher denn bei doppelter Schliessung der Kette die Declination in derselben zuletzt kleiner wird als in *B*.

Hieraus geht hervor, dass in jeder galvanischen Kette, wie schwach oder stark auch die Action derselben sei, eine geringere magnetische Spannung stattfinden werde, wie ein bestimmtes Maass der Breite des schliessenden [**329**] Bogens überschritten worden, und dass also nach der verschiedenen Stärke der galvanischen Kette die Breite des schliessenden Bogens bestimmt werden müsse, wenn das Maximum der durch einen galvanischen Apparat zu erreichenden magnetischen Spannung eintreten soll.

Die geringe Differenz in der Declination der Magnetnadeln bei einfacher Schliessung während der ersten und stärksten Wirkung der Kette liess erwarten, dass die Spirale *A* verbunden mit einer stärker wirkenden galvanischen Kette, als die im vorigen Versuch angewandte, zu einer höhern magnetischen Spannung gelangen, und zugleich die durch die grössere

Zahl der Lagen von *B* zu erreichende Verstärkung übersteigen werde. Der folgende Versuch bestätigte dies.

25) Ein Plattenpaar von $5^1/_3$ Quadratfuss Fläche, die Pappscheibe benetzt mit einer Auflösung von Salzwasser und verdünnter Schwefelsäure, und von jedem der beiden Metalle eine Fläche von $4^1/_2$ Quadratfuss der Wirkung dieser Mischung ausgesetzt.

A, eine Spirale 38 Fuss lang und 3 Zoll breit. *B*, eine Spirale 120 Fuss lang und 4 Linien breit.

Declination der Magnetnadeln aussen auf den Spiralen.

A allein	*B*	*A* zugleich mit	*B*
$87^1/_2{}^o$	82°	$87^1/_2{}^o$	81°
86°	81°	86°	80°
84°	$80^1/_2{}^o$	83°	$76^1/_2{}^o$
$82^1/_2{}^o$	79°	$81^1/_2{}^o$	74°
81°	78°	79°	71°
$79^1/_2{}^o$	$77^3/_4{}^o$	$77^1/_2{}^o$	$69^1/_2{}^o$
$77^3/_4{}^o$	$76^1/_2{}^o$	$74^1/_2{}^o$	$66^1/_2{}^o$
$75^1/_2{}^o$	$75^3/_4{}^o$	$66^1/_2{}^o$	$58^1/_2{}^o$
63°	71°	60°	51°.

Je grösser also die Breite einer Spirale, eine desto stärkere Action der Kette wird erfordert, wenn sie die volle magnetische Spannung erreichen soll, deren sie fähig ist; und umgekehrt, je grösser die Oberfläche der galvanischen Kette, desto breiter kann der sie verbindende einfache oder spiralförmig gewundene Bogen sein, und um so höher steigt auch der Magnetismus der ganzen Kette. — Je breiter aber die Spirale wird, desto mehr nähert sie sich dem Longitudinalmagnet.

[**330**] Eine vollständigere Uebersicht von der Zu- und Abnahme der magnetischen Spannung in schliessenden Bogen von verschiedenen Breiten giebt folgender Versuch.

26) Die drei Glieder der galvanischen Kette bestanden aus Kupfer- und Zinkplatten und Pappscheiben mit verdünnter Schwefelsäure benetzt; jede Fläche derselben war 48 Quadratfuss gross. Die verbindenden Drähte und Streifen waren sämmtlich 35 Zoll lang, und ruhten mitten über jenen Platten auf Trägern von 19 Linien Breite. Die Magnetnadel war 28 Linien lang und stand mitten auf diesen Drähten und Streifen.

Schliessende Metalle	Declination der Magnetnadel 5 Linien über denselben
a) Ein Messingdraht von $^1/_{10}$ Linie Durchmesser.	27°
b) - - - $^1/_4$ - - .	41°
c) - - - $1^1/_2$ - - .	81°
d) Ein viereckiger Kupferstab von 4 Linien Dicke	82°
e) Ein Streifen von Kupferblech 2 Zoll breit . .	83°
f) Ein Streifen von Zinkblech 3 Zoll 8 Linien breit	83°
g) - - - - 5 - 8 - -	82°
h) - - - - 8 - 2 - -	74°
i) - - - - 12 - 6 - -	56°
k) - - - - 16 - 4 - -	45°
l) Eine Zinkplatte 23 - 5 - -	20°
m) Eine Kupferplatte 33 - 3 - -	14°

Die stärkste magnetische Spannung in dieser Kette findet also bei einer Breite des schliessenden Bogens von 2 Zoll bis 3 Zoll 8 Linien statt; in diesem scheint sie jedoch schwächer zu sein als in jenem; denn in einem Abstande von 2 Zoll über den beiden Streifen betrug die Declination am ersteren 73°, am letzteren nur 72°. Ueber dem Kupferstabe von 4 Linien Dicke finden wir die Declination nur um 1° kleiner als in jenen beiden Streifen, welches auf eine Zunahme der magnetischen Spannung bei Vermehrung der Masse des metallischen Leiters deutet. In später angestellten Versuchen fand ich auch die Declination der Nadel auf Kupferstreifen [331] von 4 Linien Breite immer um mehrere Grade kleiner als auf jenem Kupferstabe.

Die Declination auf den grösseren Metallplatten ist nicht überall gleich; so z. B. betrug sie mitten auf der Platte von 33 Zoll 3 Linien 14° westlich, in der Mitte der Kanten in Osten und Westen dagegen nur 8° westlich. Wurde die Boussole von der Mitte der Platte den an der Nord- und Südseite stehenden Trägern derselben genähert, so nahm die Declination zu, und über diesen betrug sie 70° westlich; eine Folge der stärkeren magnetischen Spannung in diesen nur 19 Linien breiten Streifen. Wurde die Magnetnadel von hier aus nach Osten und Westen geführt, so nahm die Declination sehr bald ab, wurde hierauf Null, und in den 4 Ecken der Platte war sie 7° östlich. Hier befand sich also die Nadel schon jenseits der Curve der Indifferenzpunkte, welche durch den Magnetismus der Träger und den Magnetismus der oberen Platte der

Kette erzeugt wird. Die Declination der Nadel ist bei dieser Art der Schliessung der Kette auf den Platten immer in dem Raume zwischen dem Träger derselben am grössten. Bei schwach wirkenden galvanischen Ketten kann die Declination auch mitten auf der Platte Null sein, welches eine Folge der Einwirkung des unter dieser Platte liegenden Theiles der galvanischen Kette ist. Befindet sich eine Oeffnung von 1 bis 2 Zoll Durchmesser in der Mitte der Platte, so ist die Declination oberhalb derselben ganz dieselbe wie unterhalb der Platte; sie wird in dem Raume zwischen dieser Oeffnung und den Kanten der Platte Null, und an den Kanten selbst ist sie wieder die entgegengesetzte von der unterhalb der Platte.

In den bisher angewandten Spiralen waren die einzelnen Lagen durch trockene isolirende Schichten von Seide oder Leinwand von einander getrennt gewesen. Doch auch wenn eine solche Spirale gänzlich durchnetzt ist, sei es mit Wasser, Salzauflösungen oder Säuren, so behält sie die volle magnetische Spannung wie vorher, ja es hat mir geschienen, sie sei in den durchnässten Spiralen stärker gewesen, als in den trockenen*). Fehlt jene isolirende Schicht zwischen den Lagen der Spirale, und berühren sich [332] die reinen Metallflächen unmittelbar, so findet keine Verstärkung der Wirkung statt, die Declination innerhalb einer solchen Spirale ist sogar beträchtlich schwächer, als in einfachen Bogen von derselben Breite.

22. Die zur Verstärkung des Magnetismus erforderliche Isolirung der einzelnen Schichten der Spirale kann man als eine Bestätigung ansehen, dass die magnetische Spannung in den Leitern der galvanischen Kette durch die Aufhebung der elektrischen Spannung bewirkt werde, nicht aber zugleich als eine Bestätigung der Identität der Elektricität und des Magnetismus; ja es wird die Hypothese, nach welcher eine spiralförmige oder kreisförmige Bewegung von $+E$ und $-E$ die Ursache alles Magnetismus sein soll, in den natürlichen und

---

*) Eine spiralförmige galvanische Kette nach der Angabe von Hare umwunden mit einer die Kette schliessenden Spirale von Kupferblech, zwischen welcher eine Leinewandschicht läge, würde also in ein Gefäss mit verdünnter Säure getaucht, und von dieser ganz bedeckt, denselben Grad des Magnetismus erreichen, als wenn sich bloss zwischen der Zink- und Kupferplatte ein feuchter Leiter befände.

künstlichen Eisenmagneten eben sowohl als in der galvanischen Kette, durch jene Erfahrung widerlegt. Denn so wenig sich eine spiralförmige Bewegung der Elektricitäten in jenem unisolirten Leiter erhalten kann, eben so wenig wird sie in dichten Metallmassen stattfinden können, sondern sie wird sich in denselben, also auch im Eisenmagnet, gleichförmig nach allen Seiten verbreiten, wie in jenen Spiralen.[25]) — Dass durch Elektricität Magnetismus in allen Metallen erregt werde, ist durch die Entdeckungen von Oersted und Arago ausser Zweifel gesetzt, keineswegs aber die Identität beider. — Nicht die Elektricität an sich, nicht die Aufhebung von $+E$ und $-E$ allein, sondern die durch dieselbe bewirkte Veränderung im inneren Zustande der Körper ist die Ursache ihres Magnetismus.

Ich habe schon oben erwähnt, dass trockene Voltaische Säulen und einfache trockene Ketten, wenn gleich $+E$ und $-E$ in denselben während der Schliessung ununterbrochen aufgehoben werden, doch keinen Magnetismus zeigen. Noch andere Erfahrungen gleicher Art sind anzuführen. Herr Arago hat bekanntlich entdeckt, dass der Auslader einer Leidner Flasche ganz auf dieselbe Art magnetisch wird, wie der schliessende Bogen einer galvanischen Kette, und dass Stahlnadeln transversal auf dem Auslader befestigt, eben so polar werden wie auf dem verbindenden Bogen der galvanischen Kette. In Fig. 18 habe ich die magnetischen Pole der am Auslader innerhalb und ausserhalb befestigten Stahlnadeln im Verhältnis zu den elektrischen Polen angegeben. Die Lage der magnetischen Pole am Auslader stimmt genau mit der Lage jener Pole an Nadeln, welche am schliessenden Bogen der galvanischen Kette von Kupfer und Zink befestigt[333]worden, überein. Denn in der Kette Fig. 29 erhalten sie innerhalb und ausserhalb des Bogens gleiche Pole mit denen in Fig. 18.

Fig. 18.

Die Stahlnadeln werden, wie ich gefunden habe, nur dann bei der Entladung von Leidner Flaschen magnetisch, wenn diese mit einer Explosion geschieht. Wird eine solche Flasche oder Batterie mit Leitern von Elfenbein oder

Knochen, welche mit dem metallischen Auslader verbunden worden, entladen, so werden die Stahlnadeln, sie mögen am Metall oder am Elfenbein befestigt sein, nicht magnetisch, obwohl die Entladung mit diesen Halbleitern sehr schnell und nicht minder vollkommen erfolgt, als mit den Metallen. Eine Explosion findet hierbei nicht statt, wie man denn auch mit Elfenbein und Knochen eine Leidner Flasche entladend, keinen Schlag erhält*). Stahlnadeln, in schraubenförmig gewundenen isolirten Drähten eingeschlossen, erlangen nach Herrn Arago's und Ampère's Erfahrungen durch den Erschütterungsschlag der Leidner Flasche und in der galvanischen Kette eine beträchtliche magnetische Polarität. Stahlnadeln, eingeschlossen in solchen Drahtschrauben, deren eines Ende mit einem Stäbchen von Elfenbein verbunden war, wurden auch nach viermaliger Entladung einer Batterie von $10^1/_2$ Quadratfuss äusserer Belegung, gänzlich unmagnetisch gefunden. — Wenn eine solche Batterie mit einem spitzen metallischen Auslader ohne Explosion entladen wird, indem man die Spitze derselben allmählich dem Kopf der Flasche nähert, so wird die transversal an demselben befestigte Magnetnadel gleichfalls nicht magnetisch, weil es der Auslader dann nicht wird. Eben so wenig wird eine Stahlnadel, welche innerhalb eines schraubenförmig gewundenen isolirten Drahtes eingeschlossen ist, magnetisch, wenn sie eine Leidner Flasche oder eine Batterie still und ohne Funken entladet. Ein schwacher Funke, sei es von der Flasche oder vom Conductor in diesen Draht überschlagend, erregt sogleich Magnetismus in demselben, welcher sich der Stahlnadel mittheilt**). In [334] allen jenen Fällen gleichen sich $+E$ und $-E$ in den Leitern aus. Wäre nun eine

*) Dass Leidner Batterien durch Elfenbein schnell und ohne Erschütterungsschläge entladen werden, ist, wenn ich nicht irre, zuerst von Lord Mahon bemerkt worden.

**) Die beiden letzten Versuche sind später angestellt worden. — Beiläufig will ich noch bemerken, dass die entgegengesetzte Lage der magnetischen Pole der Stahlnadeln in rechts gewundenen schraubenförmigen Drähten gegen die in links gewundenen eine nothwendige Folge der entgegengesetzten Richtung der einfachen magnetischen Atmosphäre in allen Theilen dieser Schraubenlinien ist. — Die Stahlnadeln werden innerhalb dieser Drahtschrauben leicht magnetisch, schwer dagegen an der äusseren Fläche, weil sie sich dort in einer stärkeren, von allen Seiten gleichförmig auf sie wirkenden, hier in einer geschwächten und ungleichförmig wirkenden magnetischen Atmosphäre befinden. Man kann aber den

spiralförmige Bewegung der entgegengesetzten Elektricitäten innerhalb und ausserhalb der Metalle, und überhaupt die Aufhebung von $+E$ und $-E$ allein die Ursache des Magnetismus derselben, so könnte er auch dort nicht fehlen. — Dass elektrische Explosionen Veränderungen im inneren Zustande der Metalle bewirken, und dass auch die metallischen Leiter der galvanischen Kette eine gleiche Veränderung erleiden, geht aus der in beiden Fällen stattfindenden grösseren oder geringeren Erwärmung, Schmelzung, Verbrennung hervor; und nur wenn diese Veränderungen bei der Aufhebung der elektrischen Spannung eintreten, finden wir Magnetismus in den Metallen. Veränderung oder Verschiedenheit im Cohäsionszustande ist also als die wesentlichste Bedingung zum Magnetisch-Werden jener Körper anzusehen.[26])

23. Aus den § 13 angeführten Versuchen hatte sich bereits ergeben, dass auch die Kupfer- und Zinkplatten, zwischen welchen sich der feuchte Leiter befindet, magnetisch sind. In der Kette (Fig. 1) war die Declination der Magnetnadel mitten auf der Zinkplatte östlich gefunden worden, während sie oberhalb des schliessenden Stabes $a\,b$ westlich war. Zu bemerken ist noch, dass der Magnetismus in den Platten der Kette (Fig. 1) eben so vertheilt ist, wie in der schliessenden Platte im 26. Versuch des 21. §. Die Declination ist grösser in der Mitte der Platten zwischen $Z\,K$ als in der Mitte der gegen O und W liegenden Kanten.

Fig. 19 und 20 geben eine vollständige Uebersicht von den Declinationen der Magnetnadel an den Hauptpunkten einer in der Horizontalebene geschlossenen galvanischen Kette von starker magnetischer Spannung. Fig. 19 stellt die Declinationen auf der oberen Fläche und Fig. 20 die an der unteren Fläche der Kette dar. Wir finden oberhalb der Kette alle Nadeln mit ihrem n Pol ($-m$) gegen den Mittelpunkt des von den Metallen umschlossenen Raumes gerichtet, als wenn dort ein s Pol ($+m$) läge; unterhalb der Kette finden

---

Magnetismus an der äusseren Fläche der Drahtschrauben dadurch verstärken, dass man eine Glasröhre mit mehreren solchen zusammenhängenden Schrauben umgiebt, von welchen immer die eine rechts, die andere links gewunden ist. Die Pole, welche die Nadel in der mittelsten Röhre erhält, haben dann eine umgekehrte Lage gegen die Pole der Nadeln im Inneren aller sie umgebenden Drahtschrauben.

wir dagegen den *s* Pol (+ *m*) der Nadeln gegen den inneren Raum gerichtet, als wenn dort ein *n* Pol (— *m*) läge.

[335] Eine horizontal gestellte Inclinationsnadel am äusseren Umkreis dieser Kette (Fig. 1 und 20 und 21) inclinirt überall mit ihrem *s* Pol (+ *m*); auch sie nimmt also eine Stellung an, als wenn an der unteren Fläche der Kette ein *n* Pol (+ *m*) läge. — Die Inclination innerhalb der

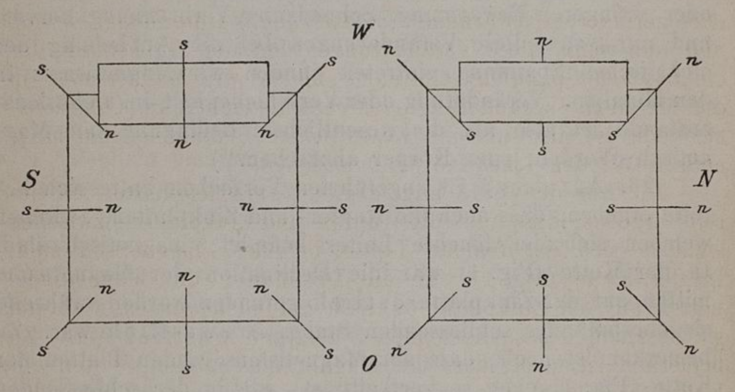


Fig. 19 und 20.

Kette (in dem von *ZabK* (Fig. 1) umschlossenen Raume), ist der vorigen entgegengesetzt, hier neigt sich der *n* Pol (— *m*) der Nadel.

In galvanischen Ketten, deren schliessender Bogen in der Vertikalebene liegt, wie z. B. in Fig. 11 und 12, ist die Declination am äusseren Umkreis überall dieselbe, und der innerhalb des Kreises entgegengesetzt. Die Declination oberhalb *a b* und unterhalb *Z K* (Fig. 11), desgleichen die oberhalb *a* und unterhalb *b* (Fig. 12) ist westlich. Innerhalb der geschlossenen Ketten, und bis in beträchtlichen Abständen von denselben nach *O* und nach *W* hin, ist die Declination östlich; es wird also an der Westseite des von *ZabK* umschlossenen Raumes (Fig. 11 und 12) der Nordpol (— *m*) der Magnetnadel und an der Ostseite der Südpol derselben (+ *m*) angezogen.

Eine horizontal gestellte Inclinationsnadel bleibt in Ruhe, wenn sie an der Ost- oder Westseite der Kette (Fig. 12) in der mitten durch den Bogen *a b* gehenden Horizontalebene steht. Wird diese Nadel an der Ostseite dem oberen Theile

des Bogens *a*, genähert, so erhebt sich der *n* Pol (— *m*) der Nadel, und wird sie dem unteren Theil des Bogens, *b*, genähert, so senkt sich dieser Pol der Nadel. An der Westseite des Bogens *a b* ist die Inclination umgekehrt, dort erhebt sich neben *a* der *s* Pol, und neben *b* senkt er sich.

Vergleichen wir nun die Wirkung der letztgenannten beiden Ketten auf die dem äusseren Umkreis derselben genäherten Declinations- und Inclinationsnadeln mit der eines gewöhnlichen Magnetstabes, so finden wir die vollkommenste Uebereinstimmung, wenn dieser Magnet mit seinem *n* Pol (— *m*) in Osten und mit dem *s* Pol in Westen liegt. Denn oberhalb und unterhalb eines solchen Magnetstabes (Fig. 21), ist die Declination der Nadel westlich und an dem *n* und *s* Ende des Stabes ist sie östlich. Auch bleibt eine horizontal gestellte Inclinationsnadel, welche sich in der verlängerten Achse des Magnetstabes befindet, in Ruhe, und inclinirt genau so wie in jenen geschlossenen Ketten, wenn sie sich in *O* und *W* oberhalb oder unterhalb dieser Achse befindet.

[**336**] Die ganze geschlossene Kette verhält sich also wie ein vollständiger Magnet mit feststehenden Polen, und es liegt in den Ketten (Figur 11 und 12) der *n* Pol in Osten und der *s* Pol in Westen, in Fig. 19 und 20 der *n* Pol unten, der *s* Pol oben.

Fig. 21.

Nicht in dem inneren von den Leitern umschlossenen Raume liegen die Pole, welche die Richtung der Magnetnadeln bestimmen; denn der Magnetismus ist im inneren Umkreis nahe an der Oberfläche der Leiter immer stärker, als in einigem Abstande von derselben. Auch nicht die nach den oben angeführten Erfahrungen mögliche Verstärkung des Magnetismus in der inneren Hälfte der Leiter selbst, und die Schwächung an der äusseren Hälfte, durch die Einwirkung der magnetischen Atmosphäre jeder der einander diametral entgegengesetzten Punkte des geschlossenen Kreises ist eine unerlässliche Bedingung zur Polarität der Kette, in so weit diese sich durch die Wirkung auf die Magnetnadel offenbart, sondern sie ist schon dadurch begründet, dass + *m* innerhalb des geschlossenen Kreises nach

einer Seite zu und $-m$ nach der entgegengesetzten Seite zu gerichtet ist, und dass $+m$ und $-m$ an der äusseren Fläche der an der inneren entgegengesetzt sind, kurz dadurch, dass jeden Punkt der Leiter eine einfache magnetische Atmosphäre umgiebt, welche nach dem § 9 aufgestellten Gesetz vertheilt ist. Die ganze geschlossene Kette muss sich daher als ein vollständiger ringförmiger Magnet gegen die ihm genäherten Declinations- und Inclinationsnadeln verhalten, und die eine Seite desselben muss auch dann noch als *n* Pol, die andere Seite als *s* Pol auf jene Nadeln wirken, wenn der Kreis so sehr erweitert sein sollte, dass die Wirkung der diametral entgegengesetzten Theile des Ringes auf einander fehlte, oder doch höchst schwach wäre.

24.*) Der Magnetismus ist im Stahl nach demselben Gesetze vertheilt, wie in der ganzen geschlossenen galvanischen Kette, d. h. $+m$ und $-m$ haben im Inneren des Stahlstabes eine entgegengesetzte Richtung von $+m$ und $-m$ an der äusseren Oberfläche. Die Declination der Magnetnadel innerhalb des Magnetstabes würde der Declination unterhalb und oberhalb desselben entgegengesetzt sein, wenn die im Inneren desselben verbundenen Theile der einfachen magnetischen Atmosphäre des Stabes eben so von einander getrennt werden könnten, wie sie es in der einfachen galvanischen [337] Kette sind. Dies ist aber unmöglich. Denn wie viel auch von der inneren Masse des Magnetstabes hinweg genommen würde, immer bleiben $+m$ und $-m$ in dem übrigen Theile eben so vertheilt, wie sie es in der ganzen Masse waren.

Ein hohler Cylinder von Stahl lässt sich leicht so magnetisiren, dass das eine Ende desselben ein $-m$ Pol und das andere Ende ein $+m$ Pol wird, indem man entweder durch denselben einen ihn in allen Punkten berührenden cylindrischen Magnetstab zieht, oder wenn man ihn von aussen mit mehreren, gleich starken Magnetstäben an einem Ende umgiebt, welche, mit den gleichnamigen Polen unter einander verbunden, einen den hohlen Cylinder dicht umschliessenden Kreis bilden. Wird der Cylinder zwischen diesen Stäben einigemal herumgedreht, und werden die Magnetstäbe hierauf so gleichförmig

*) Die in diesem und den folgenden §§ angeführten Versuche sind nach der Vorlesung am 8. Februar angestellt worden.

als möglich von demselben entfernt, so ist das eine Ende desselben überall in gleichem Grade $+ m$ und das andere Ende $- m$. Dieses Verfahrens habe ich mich bedient. — Die Wirkung eines solchen hohlen magnetischen Cylinders auf die Declinationsnadel ist aber keineswegs der einer kreisförmigen galvanischen Kette gleich; denn die Declination im Inneren des Cylinders ist der an der äusseren Oberfläche vollkommen gleich, und es verhält sich dieser Cylinder also, als wenn er aus unendlich vielen Magnetstäben zusammengesetzt wäre, deren gleichnamige Pole neben einander lägen; gleichgültig ist es, ob diese eine dichte Masse oder einen hohlen Körper bilden.

Der Magnetismus im Eisen und Stahl unterscheidet sich also darin vom Magnetismus in der galvanischen Kette, dass die den diametral einander gegenüberliegenden Punkten des Stahlmagnetes zugehörenden inneren Theile der magnetischen Atmosphäre in einander greifen und in dem Metall so innig verbunden sind, dass sie auf keine Weise von einander getrennt werden können, indem die Achse der ganzen den Stab erfüllenden und umgebenden magnetischen Atmosphäre als ein mitten zwischen den Polen an der Oberfläche des massiven cylindrischen Magnetstabes liegender Kreis angenommen werden muss. In der galvanischen Kette dagegen können nicht nur die einander diametral gegenüber liegenden Theile der einfachen magnetischen Atmosphäre der Leiter bis zu jedem beliebigen Abstande von einander entfernt werden, wodurch sie um so vollkommener in dieser vor der Entdeckung *Oersted*'s gänzlich unbekannten einfachen Form hervortreten; sondern es wird sogar aller Magnetismus der galvanischen [338] Kette aufgehoben, wenn die einander diametral entgegengesetzten Theile der magnetischen Atmosphäre bei völliger Berührung der Metalle auf gleiche Art in einander greifen, als in den Stahlmagneten.

Ein Stahlstab, die galvanische Kette schliessend, wird auf dieselbe Art magnetisch wie die übrigen Metalle, es erfüllt und umgiebt ihn ein einfacher magnetischer Wirkungskreis, dessen Achse mit der Achse des Stabes zusammenfällt. Man könnte erwarten, dass der Stahlstab den in ihm hier erregten Magnetismus behalten, und nach der Trennung von der Kette eben sowohl unterhalb und oberhalb entgegengesetzte Declinationen bewirken werde, wie in der Kette. — Dies geschieht nicht. Stahlstäbe und Stahlstreifen, welche mit stark wirkenden galvanischen Ketten verbunden worden, werden

nach der Trennung von der Kette unmagnetisch gefunden, wenn sie es vor der Verbindung mit derselben waren. Bei diesen Versuchen hat man darauf zu sehen, dass man den Stahl nicht transversal streifend von den Trägern desselben abziehe; denn dadurch wird er bei stark wirkenden Ketten zuweilen transversal magnetisch, eben sowohl als die Stahlnadeln auf dem schliessenden Bogen gestrichen, longitudinal magnetisch werden. Der Magnetismus ist aber auch in diesem Falle in den Stahlstreifen und Nadeln vollkommen so vertheilt, als wenn sie mit einem Magnet gestrichen worden wären*).

25. Eine Uebersicht von dem Verhältniss der Vertheilung des Magnetismus in den galvanischen Ketten zu dem in den Stahlmagneten geben auch die Eisenfeilstaub-Figuren, welche sich um lothrecht gestellte, die Kette schliessende Bogen bilden.

[**339**] Stehen die Schenkel des Bogens in beträchtlichem Abstande von einander, so ordnet sich der Feilstaub, wie wir oben gefunden haben, um jeden derselben kreisförmig (Fig. 7). Werden die beiden lothrecht stehenden Theile des Bogens einander genähert, so stossen sich die mit ihren ungleichnamigen Polen aneinander hängenden Feilstaubspäne im inneren Raume gegenseitig ab (da jede solche magnetische Linie sich zwischen

---

*) Herr *Erman* hat später die wichtige Entdeckung gemacht, dass Stahlscheiben, durch deren Mittelpunkt der Schlag einer Leidner Flasche gegangen, keinen Magnetismus zeigen, so lange sie ganz sind, dass aber eine deutliche, ja starke Polarität in diesen Scheiben wahrgenommen werde, sobald ein Einschnitt in dieselben gegen den Mittelpunkt zu gemacht wird. Es war nach dieser Erfahrung zu erwarten, dass Stahlscheiben mit ihren Flächen zwischen die Leiter einer stark wirkenden galvanischen Kette gespannt, eben so magnetisch werden würden. Dies hat sich bestätigt; der Magnetismus in diesen Scheiben ist nach der Trennung von der Kette völlig latent, so lange sie unverletzt sind; sobald aber an irgend einer beliebigen Stelle ein Einschnitt gegen den Mittelpunkt zu gemacht wird, tritt der Magnetismus frei hervor, welchen die Scheibe in der Kette erlangt hat, und es liegen die Pole in dieser Scheibe dann genau wie in dem Schema (Fig 6) angegeben worden. Denn wird z. B. das Stück $\delta K\beta$ herausgeschnitten, so liegt der *n* Pol (— *m*) der Scheibe $\delta\alpha\gamma\beta$ dann in β (indem der Radius $K\beta$ gegen δ zu — *m* ist), und der *s* Pol (+ *m*) in δ. Dieser Versuch bestätigt also gleichfalls das § 9 aufgestellte Gesetz der Vertheilung des Magnetismus in jedem einzelnen Theile der geschlossenen galvanischen Kette.

zwei anderen ihr mit gleichnamigen Polen zugewandten Linien befindet), und bilden hier parallele sich erst an den Enden umbiegende Linien, wie Fig. 22 darstellt. Die äusseren Theile der Figur sind kreisförmig, wenn der schliessende Bogen cylindrisch ist, und elliptisch, wenn er einige Zoll Breite hat. Sind die beiden lothrecht stehenden Theile des Bogens Stäbe von grösserer Masse, und sind diese nur durch eine dünne isolirende Schicht von einander getrennt, so werden die Figuren der Eisenfeilspäne um dieselben den um die gewöhnlichen Stahlmagnete sich bildenden noch ähnlicher; am ähnlichsten sind aber jene Figuren den letztgenannten, wenn der mit Feilstaub umstreute Theil der Kette eine dichte isolirte Spirale von ein Paar Zoll Breite ist; die Feilstaub-Figur hat dann die Fig. 23 angegebene Gestalt, wenn die Achse dieser Spirale in der Horizontalebene liegt. Wird die Spirale auf ihre Grundfläche gestellt, so ordnet sich der Feilstaub über dem Pole derselben sternförmig, wie über dem Pole eines lothrecht gestellten Stahlmagnets.

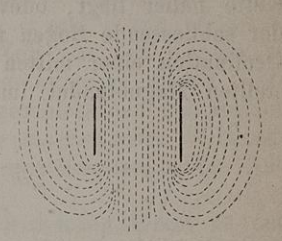


Fig. 22.

26. Die Declination einer Magnetnadel unterhalb und oberhalb eines regelmässigen Magnetstabes ist jederzeit am grössten, wenn der magnetische Mittelpunkt derselben unter oder über dem magnetischen Mittelpunkt des Stabes steht; sie nimmt ab, wie die Nadel gegen die Pole zu geführt wird, wird Null, und geht über diesen Punkt hinausgeführt (welcher nach dem verschiedenen Abstande der Nadel von dem Magnete verschieden liegt) in die entgegengesetzte Declination über*).

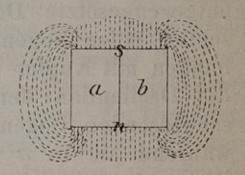


Fig. 23.

Wird die galvanische Kette mit einem Blechstreifen geschlossen, dessen Breite der Länge der Platten gleich ist, und welcher der ganzen Breite nach mit diesen durch Löthung

*) Beiläufig bemerke ich, dass hier keine solche Curve der Nullpunkte entsteht, wie am schliessenden Bogen der galvanischen Kette. Ich werde künftig auf diesen Gegenstand zurückkommen.

verbunden ist (Fig. 24), wodurch also die geschlossene Kette dem Longitudinalmagneten, wie unsere gewöhnlichen Magnetstäbe sind, ähnlich wird, so zeigt die Declinationsnadel am äusseren [**340**] Umkreis der Kette ein verschiedenes Verhalten, je nachdem der schliessende Bogen den drei Gliedern der Kette näher liegt, oder von denselben weiter absteht. Geht der schliessende Bogen nahe über die Platten weg, so ist die Declination einer mitten auf den Bogen (in *c* Fig. 24) gestellten Magnetnadel immer nur schwach. Die Declination

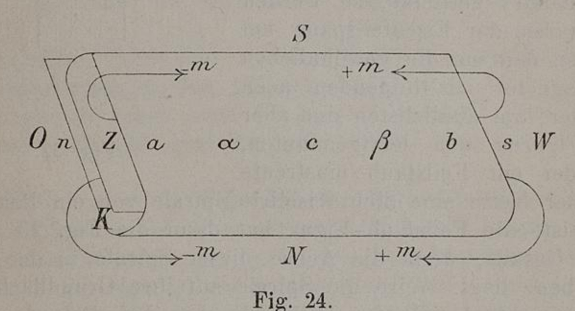


Fig. 24.

nimmt zu, wie die Nadel weiter nach *a* und *b* hin geführt wird, erlangt hier ein Maximum, nimmt weiter geführt wieder ab, und geht, über der Kante der Platte hinausragend, in die entgegengesetzte Declination über. — In der Mitte eines schliessenden Bogens von 9 Zoll Breite, durch Löthung verbunden mit Kupfer- und Zinkplatten von gleicher Breite, war die Declination der Magnetnadel, bei 1 Zoll Abstand des schliessenden Bogens von der Zinkplatte, in *c* fast Null, während sie in *a* und *b* 5° betrug. Als der schliessende Bogen so weit ausgedehnt wurde, dass die obere Fläche desselben 7 Zoll über der Zinkplatte stand, so war die Declination in *a*, *b* und *c* gleich gross; sie betrug hier und auf allen Punkten der Oberfläche 9°.

In einem später angestellten Versuche mit einer galvanischen Kette, deren Zinkplatte 29½ Zoll lang und 16½ Zoll breit war, welche an ein Kupferblech von 29½ Zoll Breite gelöthet worden, fand ich die Declination, bei einer Oeffnung der Kette von 17 Zoll, auf dem schliessenden Bogen in *c* 4° westlich, in *a* und *b* 10° westlich. Innerhalb der Kette war die Declination dagegen in der Mitte am grössten, und gegen die Pole zu schwächer; unter *c* betrug

sie 34° östlich und unter *a* und *b* nur 26° östlich. — Die verstärkte Wirkung in der Mitte innerhalb der Kette und die geschwächte an der äusseren Fläche ist ohne Zweifel aus dem Ineinandergreifen der einander diametral entgegengesetzten Theile des magnetischen Wirkungskreises zu erklären*).

Wurde diese Kette vertikal gestellt, so nahm die Declination von den Polen her bis gegen α und β hin stetig ab; hier (in einem Abstande von $13^1/_2$ Zoll von den Kanten der Platte), so wie in dem ganzen Raume zwischen α und β war sie Null; die magnetische Mitte der geschlossenen galvanischen Kette, und also auch die Achse des magnetischen Wirkungskreises, befindet sich mithin mitten zwischen den beiden Polen derselben.

[**341**] 27. Nach allen diesen Versuchen bleibt es noch ungewiss, ob die einfache galvanische Kette, frei schwebend aufgehangen, sich mit ihren Polen auch wohl nach den Erdpolen richten werde.[27]) Hierzu wird erfordert, dass der Magnetismus in einem Theile der den Kreis bildenden Leiter stärker sei, als in den übrigen Theilen. — Die Versuche des Herrn *Ampère* haben hierüber entschieden. Ein leicht beweglicher Drahtring, verbunden mit einer galvanischen Kette, nimmt seiner Erfahrung zufolge eine bestimmte Stellung an, indem die Ebene des Ringes sich von Osten nach Westen richtet**). Dieser Versuch erfordert sehr wirksame galvanische Ketten, auch darf der Draht nicht zu dünn sein. Bei der ersten Wiederholung des *Ampère*'schen Versuches mit einem Draht von 0,2 Linien Dicke erhielt ich kein entscheidendes Resultat, obwohl jede Fläche der in chemischer Action befindlichen Platten 202 Quadratfuss betrug. Doch schon ein Drahtring von $^3/_4$ Linien Dicke und 8 Zoll Durchmesser nahm, mit derselben Kette verbunden, die von Herrn *Ampère* angegebene feste Stellung an, nachdem er einigemal oscillirt hatte. Die Seite des Ringes, welche mit dem Kupferpol der einfachen

---

*) Eine dicht um einen Metallstab gewundene gehörig isolirte Spirale von einiger Breite ist den Longitudinalmagneten noch ähnlicher als jene Kette, da der Magnetismus an den Polen derselben durch die vereinte Wirkung aller Lagen der Spirale beträchtlich verstärkt wird. Doch auch an einer solchen 9 Zoll breiten Spirale fand ich die Declination in der Mitte aussen nicht so stark als näher nach den Polen zu.

**) Annales de Chimie et de Phys. Tom. XV. p. 170 u. f.

Kette in Verbindung war, stand dann in Osten, der, in welchen der Zinkpol eintrat, in Westen.

Wurde ein Magnetstab mit seinem *n* Pol (— *m*) von Norden (+ *m*) her der inneren Seite des Ringes in Osten oder Westen genähert, so wurde der Ring abgestossen, angezogen dagegen, wenn er der äusseren Seite genähert wurde.[28]) Umgekehrt verhielten sich Anziehung und Abstossung, wenn der *s* Pol des Magnetstabes dem inneren und äusseren Theil des Ringes von dieser Seite her genähert wurde. — Der *s* Pol des Stabes von Süden her gegen den inneren Theil des Ringes geführt, erfolgte eine Abstossung; — eine Anziehung dagegen, wenn der *n* Pol des Stabes diesem Theile genähert wurde.

Die Richtung des Ringes gegen die Erdpole wird also durch den Magnetismus des inneren Theiles des Ringes bewirkt; dieser muss also über den an der äusseren Fläche das Uebergewicht haben. Hier sind zwei Fälle möglich; entweder die Achse des magnetischen Wirkungskreises geht mitten durch das Metall, und der Magnetismus in der inneren Hälfte des Ringes ist stärker als der an der äusseren Hälfte, oder die Achse des magnetischen Wirkungskreises liegt nahe an der äusseren Oberfläche, so dass also die Stellung des Ringes dadurch bewirkt würde, dass + *m* und — *m* in [**342**] dem grösseren Theil der Masse eine gleiche Richtung haben. Um hierüber bestimmtere Aufklärung zu gewinnen, wurde folgender Versuch unternommen.

28. An ein massives metallisches Parallelepipedum *a b* (Fig. 25) von 9 Zoll Länge, 4 Zoll 4 Linien Breite und 2 Zoll 2 Linien Dicke wurden zwei Kupferstreifen von 2 Zoll 2 Linien Breite gelöthet, und mittelst derselben eine horizontal liegende galvanische Kette geschlossen, wobei die untere Kante des Parallelepipedums *a* $2^1/_2$ Zoll über dem Blechstreifen *K* stand. Eine Magnetnadel von *a* nach *b* geführt, in einem Abstande von 20 Linien von dieser Fläche, verhielt sich folgendermaassen:

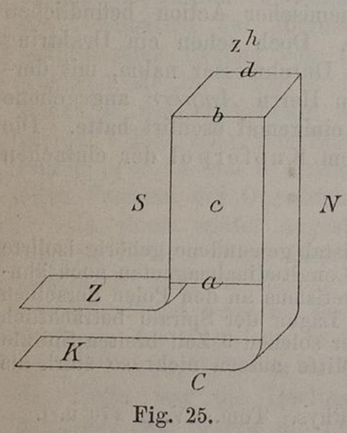


Fig. 25.

In einer Höhe von

3 Lin. über der Kante *a* war die Declin.	49°	östl.
1 Zoll - - - - - - - -	38°	-
2 - - - - - - - - -	20°	-
3 - - - - - - - - -	8°	-
$3^1/_2$ - - - - - - - - -	5°	-
4 - 7 Lin. - - - - - - -	0°	-
5 - - - - - - - -	0°	-
6 - - - - - - - -	2°	westl.
9 - - - - - - - -	3°	-
Mitten auf dem Parallelepipedum - - - -	4°	-

Wurde *a b* von Osten nach Westen gelegt, so war die Declination mitten zwischen den Kanten *b* und *d* Null, oben und unten entgegengesetzt.

Ein gleiches Verhalten zeigte ein Zinkblech von 9 Zoll Breite und 30 Zoll Länge, welches mit den Kanten auf den Trägern einer galvanischen Kette von 32 Zoll Länge und 24 Zoll Breite ruhte. Bei einem Abstande der unteren Kante (*a*) des Zinkstreifens 15 Zoll von der oberen Platte der Kette

betrug die Declination neben der Kante *a*	20°	östl.
1 Zoll über derselben	16°	-
2 - - -	12°	-
3 - - -	$8^1/_2{}^{\circ}$	-
4 - - -	5°	-
[343] $4^1/_2$ - - -	2°	-
5 - - -	0°	-
6 - - -	1°	westl.
7 - - -	5°	-
8 - - -	8°	-
9 - - -	10°	-
Mitten auf der oberen Kante des Zinkstreifens	19°	-
- unter der unteren Kante *a*	26°	östl.

Aus diesen Versuchen geht hervor, 1) dass die Achse des einfachen magnetischen Wirkungskreises auch in grösseren die galvanische Kette schliessenden Metallmassen mitten durch dieselben geht, dass aber 2) der Magnetismus in der inneren Hälfte des Kreises beträchtlich stärker ist, als an der äusseren (wenigstens in Kreisen von dem angegebenen Durchmesser), und 3) dass der Magnetismus am stärksten an der Oberfläche des metallischen Leiters ist, und dass er von allen Seiten her gegen die Achse zu abnimmt.

Ein hohles von allen Seiten geschlossenes Parallelepipedum verhält sich wie das massive.

An einer galvanischen Kette, welche die in Fig. 27 angegebene Lage hat, und wo *a b* und *c d* zwei schmale Blechstreifen sind, welche mit der Kette *Z K* und dem massiven Metallkörper *M* verbunden sind, ist die Declination von *f* bis *g* westlich, sie ist aber am grössten zwischen *a b*, und nimmt sowohl von *a* nach *f*, als von *b* nach *g* zu ab, und kann hier, wenn *a f* und *b g* sehr lang sind, Null werden. Eben so ist die Declination bei der Lage der Kette wie in Fig. 28 in *l*, *m*, *n* und *p* immer beträchtlich kleiner als in *a*, *b*, *c* und *d*, entsprechend den beiden vorigen Erfahrungen.

29. Auch der flüssige Leiter ist magnetisch; aber der Magnetismus in demselben ist anders vertheilt als in den metallischen Leitern. — In ein gläsernes Gefäss (Fig. 26) von 4 Zoll Breite und Länge, welches bis zu einer Höhe von 4 Zoll mit verdünnter Salzsäure gefüllt worden, waren ein Paar Kupfer- und Zinkplatten, welche durch einen 4 Linien breiten Kupferstreifen mit einander verbunden waren, lothrecht gestellt. Stand die [344] Zinkplatte in Süden, so war die Declination in dem Raume zwischen dem Bogen *a b* und der Oberfläche der Flüssigkeit östlich. Unter der Flüssigkeit war sie westlich wie über dem Bogen *a b*, wenn gleich dort in geringerem Grade. Diese Declination der Magnetnadel erfolgte auch dann noch, wenn nur $^1/_2$ Zoll von den beiden Platten in die Flüssigkeit getaucht wurde. Selbst wenn die Platten in einem mit jener Säure gefüllten Gefässe bis zu 8 Zoll von einander entfernt wurden, zeigte sich eine deutliche westliche Declination, wenn die Nadel 1 Zoll unter dem Gefässe stand.

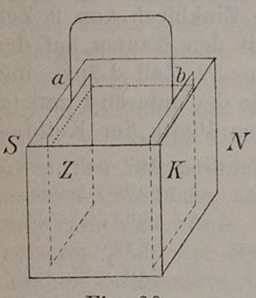


Fig. 26.

Innerhalb der Flüssigkeit declinirte die Magnetnadel zwischen den Platten gleichfalls östlich und zwar am stärksten nahe an der Oberfläche derselben. Wie die Nadel tiefer gesenkt wurde, nahm die Declination ab, doch blieb sie immer östlich und wurde erst nahe am Boden Null. Eine westliche Declination war in der Flüssigkeit selbst dann nicht zu bemerken, wenn die Platten über der Nadel standen. Nur wenn die Magnetnadel unter dem Gefässe, oder in der

Flüssigkeit an der äusseren Fläche der Platten stand, so erfolgte eine westliche Declination, welche letztere gleichfalls nahe an der Oberfläche der Flüssigkeit am stärksten war.

Die Declination innerhalb der Flüssigkeit könnte der Wirkung der Platten zugeschrieben werden, in welchen der Magnetismus eben so vertheilt sein muss als in dem sie verbindenden Bogen, auch kann der Magnetismus des horizontalen Theiles des Bogens *a b* zur Vergrösserung der zwischen

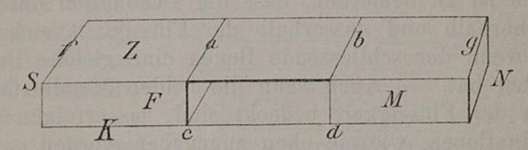


Fig. 27.

den Platten gefundenen östlichen Declination beigetragen haben. — Die westliche Declination unterhalb des Gefässes ist aber nur aus dem eigenen Magnetismus der Flüssigkeit zu erklären, da weder der magnetische Wirkungskreis des schliessenden Bogens noch die Wirkungskreise der lothrecht stehenden Platten dieselbe bewirken können.[29]) — Die Flüssigkeit ist

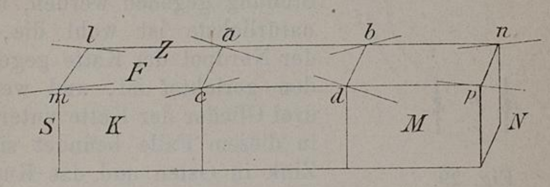


Fig. 28.

keines so hohen Grades der magnetischen Spannung fähig als die Metalle, wie schon daraus hervorgeht, dass sie in der ganzen Kette bei zunehmender Länge der Flüssigkeit weit schneller abnimmt, als bei zunehmender Länge der Metalle. Man könnte annehmen, dass auch in der Flüssigkeit die Achse des magnetischen Wirkungskreises mitten durch die Masse ginge, es würde dann der Magnetismus an der Oberfläche derselben, durch den Magnetismus der Platten, wie er oben angenommen worden, verstärkt, an der unteren Fläche der Flüssigkeit aber geschwächt werden, weil oben **[345]** die magnetischen Wirkungskreise der Platten und der Flüssigkeit

eine gleiche, unten aber eine entgegengesetzte Richtung haben. Wenn nun die magnetische Spannung in den Metallen stärker ist, als in der Flüssigkeit, so würde die Wirkung von jenen sich auch noch über die Achse der magnetischen Atmosphäre der Flüssigkeit hinaus erstrecken können; woraus sich denn die bis zum Boden des Gefässes stattfindende östliche Declination erklärte, selbst wenn die Achse der magnetischen Atmosphäre der Flüssigkeit mitten in der Masse läge.[30])

Noch ist zu bemerken, dass die Declination der Magnetnadel innerhalb und ausserhalb der Flüssigkeit sich eben so verhält, wenn der schliessende Bogen eine gleiche Breite mit den Platten hat. — Auch wenn die beiden Metalle der Kette ganz von der Flüssigkeit bedeckt sind, so erfolgen dennoch die Declinationen, wie sie oben angegeben worden.

30. Alle in dieser Abhandlung angeführten Versuche bestätigen, dass ein festes Verhältniss zwischen der elektrischen und magnetischen Polarisation der angewandten galvanischen Kette bestehe. Es ist nun noch die Lage der elektrischen Pole gegen die magnetischen Pole derselben zu bestimmen. Der Kette muss zu dem Ende eine bestimmte Stellung gegeben werden, und die natürlichste ist wohl die, wenn der Nordpol der Kette gegen Norden gerichtet ist, und wenn die drei Glieder der Kette unterliegen; in diesem Falle befindet sich der Zink in Osten und das Kupfer in Westen, wie leicht aus der 24. und 26. Figur zu übersehen, wo Zink in Süden und Kupfer in Norden liegend, der *n* Pol der Kette nach Osten gekehrt war.

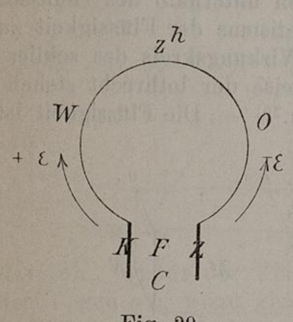


Fig. 29.

Also, der Nordpol (— *m*) der einfachen geschlossenen galvanischen Kette ist nach Norden (+ *M*) und der Südpol (+ *m*) nach Süden (— *M*) gerichtet, wenn die drei Glieder der Kette unten liegend, das positiv elektrische Metall (der Zink) sich in Osten und das negativ elektrische Metall (das Kupfer) in Westen befindet. (Fig. 29.)[31])

Dieser Satz gilt unbedingt für die hier benannte Kette, die feuchten Leiter mögen Säuren, Kalien oder Mittelauflösungen sein, — nicht [**346**] aber für alle übrigen. Mehrere

Metalle, besonders die in der elektrischen Spannungsreihe einander nahe liegenden, zeigen ein verschiedenes Verhalten nach der verschiedenen Natur der feuchten Leiter, mit welchen sie verbunden sind, so dass das im Contact mit einem anderen positiv elektrisch werdende sich nicht selten in Westen, dieses in Osten stellt, wenn bei der oben angeführten Lage der drei Glieder die Kette mit ihrem *n* Pol nach Norden gerichtet ist, welches sich auch schon nach anderen Erfahrungen erwarten liess. Die in dieser Beziehung unternommenen Versuche werde ich in der Fortsetzung dieser Abhandlung umständlich angeben.

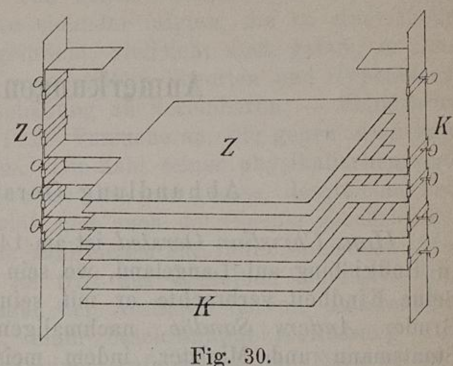


Fig. 30.

Anmerkungen.

Abhandlung Oersted.

Hans Christian Oersted ist am 14. August 1777 geboren in Rudkjöbing auf Langeland, wo sein Vater Apotheker war. Seine Kindheit verbrachte er mit seinem ein Jahr jüngeren Bruder *Anders Sandöe*, nachmaligen berühmten Juristen, Staatsmann und Minister, indem meist autodidaktisch mit grossem Eifer von Beiden Alles durchgearbeitet wurde, was an Rechenbüchern und alten Schriftstellern ihnen in die Hände fiel. Sie wollten Prediger werden und übten sich von frühester Jugend an im Abfassen von Predigten. In des Vaters Werkstatt gefiel sich der Aeltere, und lernte nebenbei die deutsche und französische Sprache, während der Jüngere Englisch trieb. Gewissenhaft theilten sie sich nachher gegenseitig ihre Kenntnisse mit. Nach einigem Unterricht bei einem Kopenhagener Studenten konnten sie beide das Examen bestehen und sich Universitätsstudien widmen. Der Aeltere wurde Mediciner und bald Naturforscher, der jüngere Jurist und Philosoph. Beide erwarben sich durch Unterricht die Mittel, um das Studium zu vollenden. Im Jahre 1799 wurde *Hans Christian* Dr. phil., nachdem er bereits mehrere Preise an der Universität gewonnen hatte, 1800 Adjunct und 1806 Prof. extr., 1817 Prof. ord. d. Physik an der Universität zu Kopenhagen.

Seine Neigungen zur Philosophie und zu Sprachwissenschaften thun sich in seinen frühesten bis zu den letzten Publicationen kund. Wie er schon als Student sich einen Preis durch eine Schrift: »Ueber die Grenzen zwischen der prosaischen und poetischen Sprache« und in einer Abhandlung »Die Grundzüge der Naturmetaphysik« Anerkennung erwarb, so blieb er auch in späteren Jahren dieser Richtung treu. In solcher Weise wird es erklärlich, wie er mit seiner grossen Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom kaum mehr ausrichtete, als was in

der kurzen Ankündigung enthalten ist, die wir vorstehend bringen. Fast gewinnt es den Anschein, als hätte die erstaunlich rasche Folge von neuen Entdeckungen, wie sie in ein und demselben Jahre einander folgten, ihn zu einer mehr zuwartenden Stellung gebracht, vielleicht auch gelang es ihm nicht, die von *Ampère* aufgestellten Theorien und Hypothesen mit seiner eigenen Anschauung zu vereinbaren, — wenigstens gab er noch im Jahre 1829 Versuche an, die gegen *Ampère's* Theorie sprechen sollten. Die Zahl seiner physikalischen und chemischen Abhandlungen ist eine sehr grosse, desgleichen hat er Lehrbücher der Physik und auch der Chemie geschrieben. Sehr lebendig sind seine zahlreichen naturphilosophischen Abhandlungen gehalten. Es tritt aus denselben einerseits sein hohes Interesse an Fragen der Aesthetik hervor, andererseits ist er redlich bemüht, einer beschränkten Auffassung der Natur und insbesondere einer Anfeindung der Naturwissenschaft von Seiten einer beschränkten Orthodoxie entgegen zu treten. Sein Hauptwerk »Der Geist in der Natur« und »Die Naturwissenschaft in ihrem Verhältniss zur Dichtkunst und Religion« lesen sich noch jetzt angenehm und sind Zeugnisse eines universal gebildeten Geistes, der sich eine correcte Weltanschauung zu erringen und zu klären strebt. Um zu zeigen, dass *Oersted* bereits im Jahre 1850 die Ideen vertrat, die man jetzt allgemein als »Descendenzlehre« bezeichnet, diene folgende Stelle aus seinem Werke: »Der Geist in der Natur«: Die Planeten haben sich nach den nämlichen Gesetzen entwickelt, die für die Erde geltend gewesen sind. Von dieser wissen wir aber, dass sie sich unendliche Zeiten hindurch in einer Reihe von Umbildungen entwickelte, und mit ihr zugleich die Pflanzen und Thiere. Diese Entwickelung begann mit den niederen Geschöpfen und schritt fort zu immer höheren, bis endlich im neuesten der Entwickelungszeiträume das Geschöpf hervorgebracht wurde, in welchem die selbstbewusste Erkenntniss sich offenbarte«. (pag. 177.) Und Seite 212: »Unser Geschlecht ist noch jung hier auf Erden und scheint eine lange Zukunft für höhere Entwicklung vor sich zu haben«.

Unter seinen übrigen zahlreichen Arbeiten ist die Construction des Piezometers von besonderem Werth. In seinem Heimathlande stand *Oersted* in hohem Ansehen, geschätzt von Allen, die sich seines Umganges und seiner Lehre erfreuten. Er starb am 9. März 1851 in Kopenhagen. Eine Lebensskizze findet man im dänischen Pantheon, in deutscher Ueber-

tragung von *G. F. von Jenssen-Tusch* in Oersted's »gesammelten naturwissenschaftlichen Schriften« 16° Sondershausen 1856. — Die vorliegende Abhandlung war lateinisch abgefasst. Sie führte den Titel: »Experimenta circa effectum Conflictus electrici in Acum magneticum«. Wir bringen die von *Gilbert* abgefasste Uebersetzung (Gilb. Ann. Bd. 66). — *Oersted* sandte die beiden »Quartblätter« an viele Akademien und Gelehrte, wodurch eine rasche Wiederholung und überraschend schnelle Erweiterung des Gebietes bewirkt wurde, wie eine solche kaum ein anderes Mal wieder vorgekommen ist. — *Oersted* selbst fügte noch in demselben Jahre 1820 einige neue Versuche hinzu, die er in *Schweigger*'s Journal für Physik und Chemie Bd. 29 (pag. 364—369) veröffentlichte. — In dieser kurzen Notiz beschreibt er zunächst sein Verfahren, um ein ganzes an ein Hanfschnürchen befestigtes Element, so wie auch ein einzelnes kreisförmiges Leiterstück durch Annäherung von Magneten in Bewegung zu setzen. Die Reciprocität der Wirkungen war ihm also nicht entgangen. Zum Schlusse heisst es wörtlich: »Bis jetzt ist es mir nicht gelungen, einen galvanischen Apparat, der sich nach den Polen der Erde richtet, herzustellen. Dazu muss die Vorrichtung unstreitig eine ungemein grössere Beweglichkeit haben«. Diese Notizen wurden jedenfalls ohne Kenntniss der *Ampère*'schen Arbeiten geschrieben.

Folgende Uebersicht diene zur Orientirung.

1. 1820. 21. Juli. *Oersted* entdeckt die Ablenkung der Magnetnadel durch den galvanischen Strom.
2. 1820. 25. Sept. *Arago* entdeckt den durch den galvanischen Strom erzeugten Magnetismus und auf *Laplace*'s Vorschlag die verstärkte Wirkung durch Spiralen.
3. 1820. 25. Sept. *Ampère* entdeckt die elektrodynamischen Grundgesetze und stellt seine Hypothesen über den Magnetismus auf.
4. 1820. 14. Dec. *Seebeck* beschreibt das magnetische Feld des elektrischen Stromleiters, entdeckt das Maximum der Leitfähigkeit der Schwefelsäure in verschiedenen Verdünnungen, misst Zweigströme.
5. 1821. Juli. *Seebeck* entdeckt die Thermoelektricität.

Wir bringen vorstehend die 1. und 4. der genannten Abhandlungen, und gedenken bald die 2. und 3., und dann die 5. folgen zu lassen.

1) *Zu S. 4.* Es fehlte damals noch gänzlich ein passender Ausdruck für den elektrischen Strom. *Oersted's* Bezeichnung elektrischer Conflict wurde verdrängt durch den drei Monate später auftretenden Vorschlag *Ampère's*.

2) *Zu S. 5.* Hier sind elektrostatische Wirkungen gemeint.

3) *Zu S. 6.* Der Satz ist richtig. Die Ausdrucksweise wird zweideutig, sobald vom »negativen Ende« des galvanischen Apparates gesprochen wird.

4) *Zu S. 6.* Im Sinne der heutigen Sinusboussole.

5) *Zu S. 6.* Die an dieser Stelle von *Gilbert* gemachten Einwendungen sind unberechtigt. In Paragraph 4 wurde die Wirkung beschrieben für den Fall, wo der horizontale Draht parallel der Nadel, oben oder unten, sich befand. Offenbar ist hier der Uebergangsfall gemeint: es befindet sich der Draht neben der Nadel. An dieser Declinations-Nadel wird die Tendenz einer Inclinationsbewegung wahrgenommen.

6) *Zu S. 6.* Das soll heissen, die Nadel sucht sich in einer Verticalebene zu drehen, wie solches die Inclinationsnadel thäte. Die Beobachtung ist correct (trotz *Gilbert's* Einwendung).

7) *Zu S. 6.* Hier tritt eine Complication ein, die indess weniger Interesse hat.

8) *Zu S. 8.* Es ist sehr beachtenswerth, dass *Oersted* das kreisförmige Feld bereits erkannt hat, doch scheint es hier noch fraglich, wie er sich eine Vorstellung für das Gebiet ausserhalb des elektrischen Leiters gebildet hat, denn der Schlusssatz hebt deutlich hervor, dass es die Elektricität sein solle, die, während sie fortschreitet, zugleich Kreise beschreibt, so dass sie eine »Schneckenlinie« oder »Spirale« durchläuft, also doch in dem Draht. Dem gegenüber ist in dem vorhergehenden Absatz deutlich ein räumlich-magnetisches Feld gedacht, denn es heisst: »der elektrische Conflict sei ziemlich weit im Raume verbreitet«. Man wird unwillkürlich an die neuesten Vorstellungen der *Hertz-Maxwell'*schen Theorie erinnert.

9) *Zu S. 8.* Die Trennung der Wirkungen auf die einzelnen Pole zeigt wohl, dass die Vorstellung keine einheitliche, und dass sie einer gewissen Consequenz entbehrt.

Abhandlung Seebeck.

Thomas Johann Seebeck ward geboren in Reval (Esthland) am 9. April 1770, wo sein Vater Kaufmann war. Seit mehreren Generationen soll die Familie dort ansässig gewesen sein. Im 17. Lebensjahre verliess der fleissige, schon früh den Naturwissenschaften eifrig ergebene Schüler die Vaterstadt, in die er nie wieder zurückkehrte, und wandte sich nach Berlin, um Medicin zu studiren. Bald darauf ging er nach Göttingen und erwarb sich daselbst die Doctorwürde. Seine Verhältnisse gestatteten ihm, frei von allen Anstellungen, der Wissenschaft sich zu widmen. Er lebte von 1802 bis 1810 in Jena in lebendigem Verkehr mit den bedeutendsten Männern jener Zeit, fand er doch damals *Knebel*, *Gries*, *Schelling*, *Hegel*, *Thibaut* in der Universitätsstadt, sowie *Ritter* den Galvaniker, und *Oken* und viele andere. Mit *Goethe* stand er in stetem, sowohl geselligem als auch wissenschaftlichem Verkehr. Leider liess er sich vollkommen von dessen Anschauungen über das Licht und die Farben gefangen nehmen. In *Goethe*'s Farbenlehre Bd. II. findet sich ein Aufsatz von *Seebeck* über die entoptischen Farben. Von schönen Entdeckungen gekrönt wurden seine Studien, nachdem er 1810 Jena verlassen hatte. Von 1810 bis 1812 lebte er in Bayreuth, verkehrte dort mit *Jean Paul* und siedelte 1812 nach Nürnberg über, wo er sechs Jahre blieb; mehrere werthvolle Abhandlungen gehören dieser Zeit an. Sie bewegen sich sämmtlich in Gebieten der Optik und enthalten die schöne Entdeckung der »entoptischen Farbenfiguren«*), Eigenschaften des Turmalins, des Terpentinöls und Interferenzerscheinungen am Kalkspath im polarisirten Lichte (1815—16) sowie die Polarisation des »Himmelsblau« (1813). Die Verschiedenheit der Wärmevertheilung im prismatischen Spectrum je nach der Prismensubstanz entdeckte er 1812.

Schon im Jahre 1812 wurde *Seebeck* zum correspondirenden Mitgliede der Berliner Akademie der Wissenschaften erwählt, 1818 zum ordentlichen Mitgliede, in Folge dessen er

---

*) 1813. Für diese Arbeit erhielt er von der Pariser Akademie den halben Ehrenpreis für die besten optischen Arbeiten im Betrage von 3000 Francs. (Die andere Hälfte wurde *Brewster* zuerkannt.)

nach Berlin übersiedelte. Hier begann er umfangreichere galvanische Untersuchungen, von denen nur ein kleiner Theil veröffentlicht worden ist. Die erste Abhandlung ist die vorliegende »über den Magnetismus der galvanischen Kette«, die er am 14. Dec. und 1820 und 8. Febr. 1821 der Akademie vortrug. Inhaltlich von geringerer Bedeutung, ist doch ohne Kenntniss derselben seine spätere Arbeit kaum zu verstehen, denn zu einer Zeit, wo das *Ohm*'sche Gesetz noch fehlte, konnte die Ausdrucksweise mit unserer heutigen nicht sich decken. Selbst die Definition eines elektrischen Stromes wurde erst 1820 von *Ampère* vorgeschlagen. Das Hauptverdienst der vorliegenden Abhandlung besteht in der ausgezeichneten klaren Erfassung des magnetischen Feldes oder, wie *Seebeck* es nennt, der magnetischen Atmosphäre, die einen stromführenden Leiter umgiebt. Hier geht er über *Oersted* hinaus. Er hat mit voller Deutlichkeit nicht nur die kreisförmigen »Kraftlinien« im Raume erkannt und abgebildet, sondern auch deren Interferenz von verschiedenen Theilen des Leiters her sich construirt. — Weiterhin findet man in dieser Abhandlung mehrere Gedanken, die bereits die Gesetze der Strombildung von *Ohm* und der chemischen Action von *Faraday* keimartig enthalten.

Aus der vorliegenden erwuchs die zweite, berühmte Abhandlung, welche die Entdeckung und gründliche Ausarbeitung der Thermoelektricität enthält. Die Versuche wurden vom Juli 1821 bis zum Februar 1822 angestellt, aber erst 1825 gedruckt.

Von hervorragendem Interesse ist ferner eine am 9. Juni 1825 der Akademie vorgelegte Abhandlung unter dem Titel »Von dem in allen Metallen durch Vertheilung zu erregenden Magnetismus«. In dieser kurzen Schrift, die durch *Arago*'s »Rotationsmagnetismus« angeregt war, finden wir eine Reihe von Versuchen, die wir jetzt kurz mit »Dämpfung« bezeichnen würden. In dieser nur kurzen Abhandlung findet man eine sorgfältige und umsichtig angestellte Reihe von Versuchen, die den Verfasser zu einigen werthvollen Schlussfolgerungen führen. Da das Princip der Induction erst viel später von *Faraday* entdeckt wurde, so konnte von einer so complicirten Reihe von Erscheinungen keine vollkommen richtige Deutung erwartet werden. Doch ist der Verfasser hier vorsichtig in seinen Ausdrücken. Als Beispiel diene ein Satz aus jener Abhandlung: »Die Pendelschwingungen eines Magnetstabes

werden durch Metallmassen in der Nähe desselben ebenso gehemmt, als wenn eine dichtere Luft denselben umgeben hätte.« Ferner: . . . »Eine Kupfermasse, über oder zwischen den Polen von Magneten pendelförmig schwingend, wird also ebenfalls früher eine Verminderung der Weite ihrer Oscillationen erleiden, als eine frei schwebende Kupfermasse. Ferner wird von den metallischen Körpern ein Pendel von Quecksilber am wenigsten durch Magnete gehemmt werden, und ein Pendel von Holz mit einem Gewicht von eisenfreiem Marmor oder von reinem Kieselglase wird durch Magnete garnicht gehemmt werden.«*)

Deutlicher konnte in der That das wichtige Theorem der »Dämpfung« nicht ausgesprochen werden.

Wir besitzen von *Seebeck* nur noch 2 in den Abh. der Akad. veröffentlichte elektro-magnetische Arbeiten vom Jahre 1827; in der ersten untersucht er den Magnetismus des glühenden Eisens, in der zweiten werden Beobachtungen über sog. transversalen Magnetismus mitgetheilt. Die Berliner Akademie soll noch acht in ihren Sitzungen vorgetragene, aber niemals abgedruckte Abhandlungen besitzen. Von diesen handeln sechs über Thermoelektricität und datiren aus den Jahren 1823 bis 1830. — *Poggendorff* hebt in seiner Gedächtnissrede (s. Berl. Akad. Abhandl. v. Jahre 1839) als besonders werthvoll die Untersuchung der mit Flüssigkeiten construirten Thermoketten hervor.

Alle die letzten Arbeiten brachte *Seebeck* zu Stande, trotzdem er seit 1823 an einem mit vielen Schmerzen verbundenen Uebel litt. Eine hinzutretende Herzerweiterung beschleunigte das Ende seiner Leiden. Er verschied am 10. Dec. 1831 im 62. Jahre seines Lebens.

---

10) *Zu S. 9.* Durch die ganze vorliegende Abhandlung, ebenso wie durch die später abgefassten, zieht sich dieselbe Unklarheit über den Begriff elektrischer Strom hindurch. Daher die charakteristische Ausdrucksweise: »ob die Erregung des Magnetismus die ununterbrochene Erregung und Aufhebung der elektrischen Spannung sei.« Später wird sich zeigen, dass die mangelhafte Unterscheidung zwischen elektrischer Spannung und Stromstärke zu unrichtigen Schlüssen führt. Der Leser

*) S. Abh. d. Berl. Acad. v. 1825 p. 88 ff.

beachte stets, dass noch viele Jahre vergingen, ehe *Ohm* sein Gesetz aufstellen konnte.

11) *Zu S. 13.* Die schwerfällige Bezeichnungsweise der Ablenkungen nach Himmelsgegenden war damals allgemein üblich. Insbesondere scheint *Seebeck* in dieser Hinsicht *Oersted* gefolgt zu sein. Die Dunkelheit der zu erforschenden Gebiete zwingt den Autor zu einer gewissen Weitläufigkeit.

12) *Zu S. 19.* Es könnte auffallen, dass *Seebeck* schon in damaliger Zeit die um einen Leiter zu denkenden Kraftlinien in so ausgezeichnet correcter Weise auffasste. (Vergl. *Oersted* Anm. 8 sowie die Anm. *Seebeck*'s auf S. 19 unten).

13) *Zu S. 31.* Die Messungsapparate der Franzosen waren in der That schon sehr viel weiter vorgeschritten, wie solches aus *Arago's* und *Ampère's* Abhandlungen von 1820 zu ersehen ist.

14) *Zu S. 32.* Die hier aufgeworfene Frage zeigt deutlich, dass *Seebeck* die Arbeiten *Ampère*'s noch nicht kannte, denn sie erschienen in *Gilberts* Annalen erst im Frühjahre 1821, während *Seebeck* schon seinen zweiten Vortrag in der Akademie gehalten hatte (vgl. Seite 76 oben).

15) *Zu S. 33.* Der Verfasser ist noch weit davon entfernt, die Bedingungen der Strombildung richtig zu durchschauen, obwohl eine schon 1820 veröffentlichte Abhandlung von *Gilbert* (dess. Ann. Bd. 66 p. 343) auf einem höheren Standpunkte steht. Auch hat *Gilbert* die Ablenkungsregeln bereits ebenso kurz und klar ausgesprochen, wie *Ampère*, der ihm in der Publication zuvorkam (s. ebenda p. 352). — Doch kommen gerade bei *Gilbert* viele Irrthümer vor, da er elektromotorische Kräfte nur beim Contact der Metalle annimmt.

16) *Zu S. 36.* Es ist schwer zu erkennen, wie der Verfasser bei der Mangelhaftigkeit der Methode zu diesem richtigen Resultate hat kommen können. Jedenfalls hat er das Maximum der Leitfähigkeit der Schwefelsäure bei einer gewissen Verdünnung zuerst entdeckt, denn die hier vorliegenden Versuche sind älter, als die von *Poggendorff* (vgl. *Ostwald*'s Elektrochemie p. 375).

17) *Zu S. 36.* D. h. je schwächer die »magnetische Spannung«.

18) *Zu S. 36.* An mehreren Stellen spricht sich *Seebeck* gegen die elektromotorische Erregung beim Contact der

Metalle aus, so ist auch hier der Ausdruck »chemisches Verhältniss des feuchten Leiters zu den Leitern erster Klasse« zu verstehen. Im vorliegenden Abschnitte 16 nähert sich der Verfasser den richtigen Begriffen von der elektrischen Leitungsfähigkeit.

19) *Zu S. 37.* In diesem Abschnitt werden ohne Weiteres Armirungen beschrieben und Tragkräfte gemessen, ohne dass auf eine Aenderung der Methode hingewiesen wird.

20) *Zu S. 39.* Es sind dieses die ersten Versuche über Polarisation, doch findet der Autor noch nicht den richtigen Grund der Abnahme seiner »magnetischen Spannungen« heraus.

21) *Zu S. 43.* Jetzt folgen die ersten Versuche über Verzweigung.

22) *Zu S. 44.* Die Ueberschriften auf der linken Seite sind so zu verstehen, dass erst A allein, dann B allein geschlossen und die Ablenkungen in beiden Fällen gemessen wurden, während rechts die Angaben sich auf den gleichzeitigen Schluss der Zweige A und B beziehen.

23) *Zu S. 45.* Ganz richtige Schlüsse, doch fehlt noch gänzlich die richtige Erkenntniss, woraus dem Autor kein Vorwurf erwächst, da noch 7 Jahre vergehen mussten bis zur Aufstellung des *Ohm*'schen Gesetzes.

24) *Zu S. 49.* Anerkennungswerthe Schlüsse, wenn sie dem Wortlaute nach genommen werden. Die nächsten beiden Absätze verrathen indess doch noch eine Unklarheit, sofern den Spiralen ein absolutes Maximum der »magnetischen Spannung, deren sie fähig sind«, zugesprochen wird. — Aus der Anmerkung auf Seite 50 erkennt man, dass an die vorliegenden Versuche sich die Entdeckung der Thermoelektricität unmittelbar anschliesst.

25) *Zu S. 57.* Hier scheint *Ampère*'s Hypothese der elektrischen Circularströme mit *Oersted*'s Vorstellung der galvanischen Ströme in Schneckenlinien verwechselt zu werden. Zudem verwahrt sich hier *Seebeck* ausdrücklich gegen eine magnetische Wirkung der elektrischen Ausgleichung von $+E$ und $-E$, er nimmt statt dessen einen magnetischen Zustand der Leiter selbst an.

26) *Zu S. 59.* Die Versuche über Magnetisirung von Stahlnadeln sind erst viel später, nach Entdeckung der oscillatorischen Entladungen der Leydener Batterie ins Reine gebracht worden durch *Reinhold von Liphart* (s. Pogg. Ann. Bd. 116).

27) *Zu S. 67.* Im Originale steht »Endpole«, welches offenbar ein Druckfehler, wie aus der nachfolgenden Wiederholung der *Ampère*'schen Versuche erhellt.

28) *Zu S. 68.* Im Originale steht es umgekehrt, doch hat *Seebeck* selbst die Berichtigung im folgenden Bande Seite 279 Anm. 1 angegeben. Obwohl die Beobachtungen einigermaassen verständlich sind, so missglückt doch die Deutung derselben im nachfolgenden Abschnitt, was um so befremdlicher ist, als unser Autor von Seite 50 an mit den *Ampère*'schen Regeln vertraut ist.

29) *Zu S. 71.* Die Schlussfolgerung ist ganz correct. Nur ist der Ausdruck befremdlich. Unter »eigenem Magnetismus der Flüssigkeit« versteht *Seebeck* die magnetische Wirkung eines in der Flüssigkeit vorhandenen Stromes.

30) *Zu S. 72.* Hier wie überall vermisst man eine Vorstellung vom elektrischen Strome.

31) *Zu S. 72.* Die Regel ist ganz correct. Im Original steht bloss neben Südpol das Zeichen $-m$, was offenbar ein Druckfehler ist. Uebrigens hat *Seebeck*'s Bezeichnungsweise der Magnetpole keine Nachahmung gefunden.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Nr. 31. **Lambert's** Photometrie. (Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) ℳ 2.—.

» 32. ——— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) ℳ 1.60.

» 33. ——— Drittes Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) ℳ 2.50.

» 36. **F. Neumann,** Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) ℳ 1.50.

» 37. **S. Carnot,** Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übers. u. herausg. v. W. Ostwald. Mit 5 Fig. im Text. (72 S.) ℳ 1.20.

» 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace,** Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802-1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani,** Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss,** Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert,** Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss,** Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 2 Textfiguren. (102 S.) ℳ 1.60.

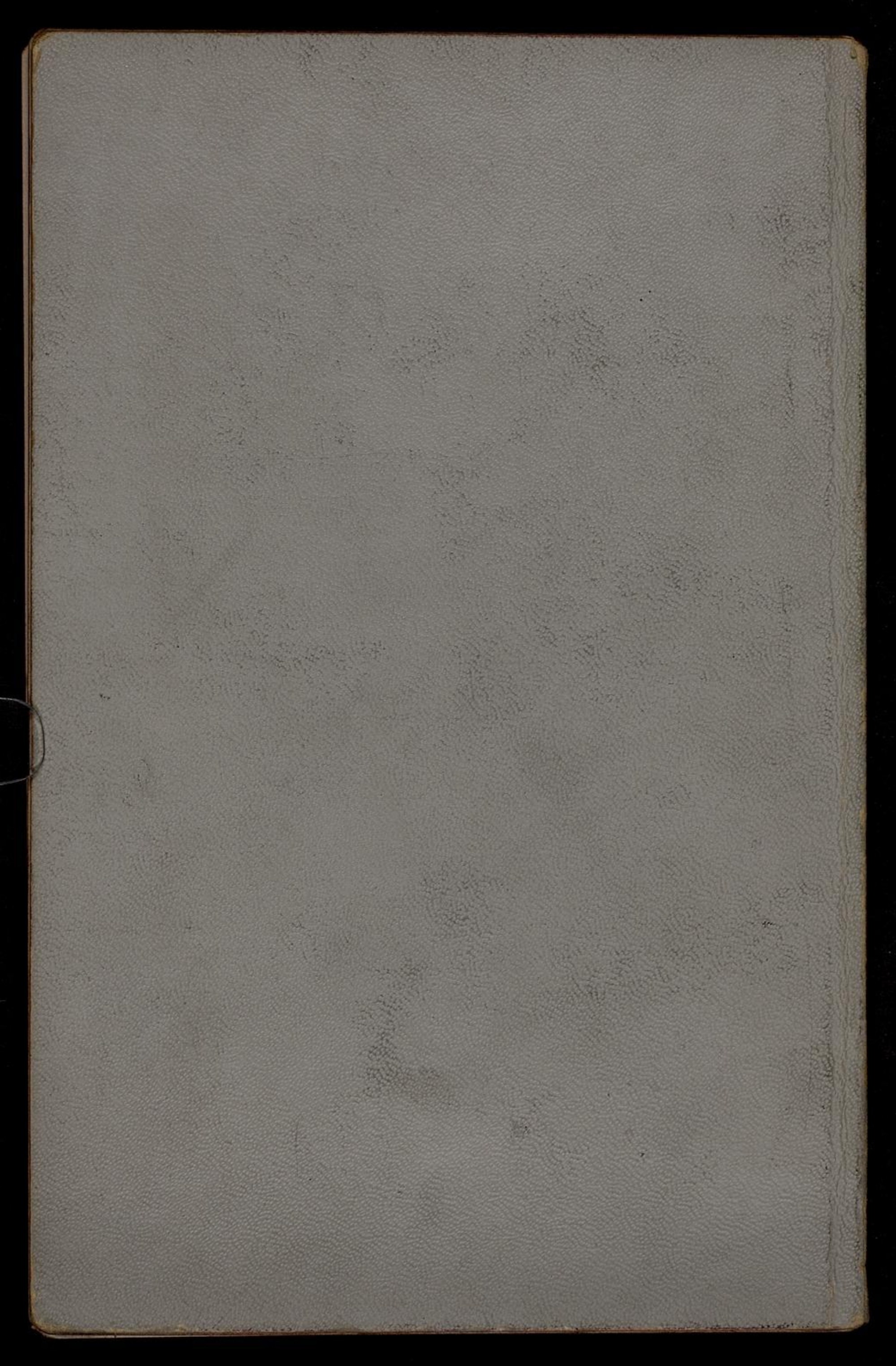
» 56. **Ch. Blagden,** Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

« 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius,** Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green,** Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck,** Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.




QpCARD 201